

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2980541号

(45) 発行日 平成11年(1999)11月22日

(24) 登録日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 2 N 2/00

H 0 2 N 2/00

C

H 0 1 L 41/09

H 0 1 L 41/08

C

請求項の数28(全 33 頁)

(21) 出願番号 特願平7-186244

(22) 出願日 平成7年(1995)6月28日

(65) 公開番号 特開平8-237971

(43) 公開日 平成8年(1996)9月13日

審査請求日 平成7年(1995)12月21日

(31) 優先権主張番号 1 1 0 1 5 5

(32) 優先日 1994年6月28日

(33) 優先権主張国 イスラエル (I L)

(31) 優先権主張番号 2 7 2 9 2 1

(32) 優先日 1994年7月8日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(31) 優先権主張番号 3 7 4 4 3 5

(32) 優先日 1995年1月19日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(73) 特許権者 596097350

ナノモーション・リミテッド

NANOMOTION LTD.

イスラエル32000ハイファ、テクニオ

ン・シティ、ガトウィルス・パーク (番  
地の表示なし)

(72) 発明者 ジョナ・ズメリス

イスラエル23300ネシェール、ラマッ

ト・イシャック、ハチボニ・ストリート  
15/4番

(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外2名)

審査官 下原 浩嗣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロモータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、  
長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続され  
た複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する第1  
圧電プレートと、

第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲  
まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と  
裏面に接続された対向電極を有する第2圧電プレート  
と、

第1圧電プレートの第1短辺の近傍の一端で第1長辺に  
取り付けられ、物体の表面に係合する第1スペーサと、  
第2圧電プレートの第1短辺の近傍の一端で第1長辺に  
取り付けられ、物体の表面に係合する第2スペーサと、  
各圧電プレートの一部に印加され、各スペーサを物体の  
表面に押圧する弾性力源と、

複数の電極のうち、少なくとも幾つかの電極に励起電圧  
を印加する電圧源とからなり、

第1圧電プレートの第1短辺は第2圧電プレートの第1  
短辺にほぼ平行でかつ近接していることを特徴とする、  
物体に対して運動を与える圧電マイクロモータ。

【請求項2】 前記弾性力源は少なくとも第2長辺の一  
部に印加される請求項1に記載のマイクロモータ。

【請求項3】 前記弾性力源は、圧電プレートの長辺上  
の点であって、前記長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼ  
ロである点に印加される請求項2に記載のマイクロモ  
ータ。

【請求項4】 前記電圧源は前記電極の少なくとも幾つ  
かの電極にAC励起電圧を印加する請求項1から3のい  
ずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項5】 前記電極は、各圧電プレートの前面上の

(2)

3

複数の電極と、各圧電プレートの上面上の少なくとも1つの電極とからなる請求項1から4のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項6】 前記前面上の複数の電極は2つの対角方向に配置された4個の電極からなり、前記電圧源は前記複数の電極の少なくとも幾つかの電極にAC励起電圧を印加する請求項5に記載のマイクロモータ。

【請求項7】 各圧電プレートの4つの電極のうち、一方の対角方向に配置される2つの電極は同一極性の励起電圧が印加される請求項5または6に記載のマイクロモータ。

【請求項8】 各圧電プレートの4つの電極のうち、一方の対角方向に配置される2つの電極に印加される第1励起電圧と、他方の対角方向に配置される2つの電極に印加される第2励起電圧とは、逆極性である請求項6または7に記載のマイクロモータ。

【請求項9】 前記第1及び第2圧電プレートのそれぞれは少なくとも1つの長辺に接続された少なくとも1つの追加の電極を有し、電圧源は少なくとも幾つかの追加電極に励起電圧を印加する請求項1から8のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項10】 前記少なくとも一つの追加電極を第1短辺の近傍の第1長辺に設けた請求項9に記載のマイクロモータ。

【請求項11】 更に別の追加電極を第2長辺上で、第2短辺に近い位置に設けた請求項10に記載のマイクロモータ。

【請求項12】 前記電圧源は追加電極に励起電圧を印加し、これにより前記物体の表面にほぼ垂直な方向におけるスぺーサの運動を増大する請求項9から11のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項13】 前記第1及び第2圧電プレートのそれぞれは第1長辺上で、第1短辺に近い位置に取り付けられた追加電極を有し、前記電圧源は第1圧電プレートの追加電極に前記第1励起電圧を印加するとともに、第2圧電プレートの追加電極に前記第2励起電圧を印加する請求項8に記載のマイクロモータ。

【請求項14】 前記第1及び第2圧電プレートは、それぞれの前記長辺上の点であって、前記長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点で弾性的に支持されている請求項1から8または請求項9から13のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項15】 前記弾性力源は、調整可能である請求項1から8または請求項9から14のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項16】 複数の第1圧電プレートと、複数の第2圧電プレートとを設け、各圧電プレートのスぺーサは物体を弾性的に押圧している請求項1から8または請求

4

項9から15のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項17】 各スぺーサによって物体に印加される力に対する反力を与えるために、該スぺーサと係合する物体の表面と反対側の表面に係合する逆支持装置をさらに含む請求項1から8または請求項9から16のいずれかに記載のマイクロモータ。

【請求項18】 前記逆支持装置は少なくとも一つの平坦な面に取り付けられた電極を有する圧電ベアリングからなり、

10 前記電圧源は少なくとも幾らかの圧電ベアリングの電極に電圧を印加する請求項17に記載のマイクロモータ。

【請求項19】 第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する圧電プレートと、

圧電プレートの第1短辺に取り付けられ、物体の表面に係合するスぺーサと、

圧電プレートの第2短辺に取り付けられ、スぺーサを物体の表面に押圧する弾性力源と、

20 少なくとも幾つかの前記電極を励起する電力源とからなり、

前記スぺーサの長さは、圧電プレートが所望の共振モードで振動する周波数の波長の半波長の整数倍に等しい、物体を動かすマイクロモータ。

【請求項20】 第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する圧電プレートと、

圧電プレートの第1短辺の中心に取り付けられ物体に押

30 圧される第1スぺーサと、

一端が圧電プレートの第2短辺に取り付けられ、他端が第2スぺーサに取り付けられたアームとからなり、第1及び第2スぺーサは互いに隣接する平行な面を有し、物体に対して付勢され、物体を動かすマイクロモータ。

【請求項21】 第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する第1圧電プレートと、

40 第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する第2圧電プレートと、

第1、第2圧電プレートのそれぞれの第1短辺に取り付けられ、物体の表面に係合するスぺーサと、

前記第1圧電プレートの第1長辺に係合する少なくとも1つの固定サポート、及び第1圧電プレートの第2長辺に係合する少なくとも1つの弾性サポートと、

前記第2圧電プレートの第1長辺に係合する少なくとも1つの弾性サポート、及び第2圧電プレートの第2長辺

50

5

に係合する少なくとも1つの固定サポートとからなり、第1圧電プレートと、第2圧電プレートとを平行に対向させて配置するとともに、圧電プレートの長辺同士を平行に配置し、

第1圧電プレートの第1長辺は第2圧電プレートの第1長辺に隣接しているマイクロモータ。

【請求項22】 前記各サポートは、第1、第2圧電プレートのそれぞれの長辺上の点であって、前記長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点で前記各圧電プレートに係合し、

各サポートは前記長辺に平行な方向にスライド可能である請求項21に記載のマイクロモータ。

【請求項23】 第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する圧電プレートと、前記圧電プレートの長辺上の点であって、前記長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点で、前記圧電プレートに弾性を付与する複数の弾性要素とからなるマイクロモータ。

【請求項24】 基部に固定された第1の軸の回りに旋回可能で、2つの長辺及び2つの短辺を有する第1圧電プレートと、

第1圧電プレートのいずれかの辺に取り付けられ、物体の表面に係合する第1スペーサと、

第2の軸の回りに旋回可能で、2つの長辺及び2つの短辺を有する第2圧電プレートと、

該第2圧電プレートのいずれかの辺に取り付けられた第2スペーサからなり、前記第2スペーサは前記第1圧電プレートの辺に対して付勢されている、物体を動かすマイクロモータ。

【請求項25】 前記第2スペーサは前記第1圧電プレートの長辺に対して付勢されている請求項24に記載のマイクロモータ。

【請求項26】 前記スペーサと前記第1圧電プレートの長辺の間に位置する剛性の弓形要素からなり、該弓形要素は、前記スペーサの運動と前記第1圧電プレートの運動を連結する請求項24または25に記載のマイクロモータ。

【請求項27】 軸の回りに旋回可能で、2つの長辺及び2つの短辺を有する第3圧電プレートと、

該第3圧電プレートのいずれかの辺に取り付けられたスペーサからなり、

該第3の圧電プレートのスペーサは、前記第1の圧電プレートの辺であって、前記第2圧電プレートのスペーサが付勢している辺と反対側の辺を付勢している請求項24、25または26に記載のマイクロモータ。

【請求項28】 上記スペーサは、セラミックで構成されたことを特徴とする請求項1から27のいずれか一項記載のマイクロモータ。

(3)

6

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明はマイクロモータ、詳しくは圧電モータに関する。

【0002】

【従来の技術】 直線及び回転運動を与える共振圧電セラミックの使用は公知である。このようなシステムの大きな利点は可動機械部品を使用することなく大変良好な運動を達成する能力にある。一般に、このようなシステムは、開ループ動作では1マイクロメートル、閉ループ動作では50ナノメートルの運動精度に制限される。移動されるべきプレートの重量が0.5kgであるとき、速度は5-10mm/secに制限される。このような状況の下で、運動方向にプレートに加えられる力は約5Nに制限される。このようなモータに対してより良い解決すなわちより速い速度とより大きな駆動力を達成することは、多くの状況において有益である。比較的高速で運動する能力が保持される場合には、この改良された解決が特に有益となるであろう。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 SU693493は、プレートの一つの大きな面（裏面）の全面を覆う1つの電極と、前面の四分割部（quadrant）を覆う4つの電極とを有する平坦な矩形の圧電プレートからなる圧電モータを開示している。裏面の電極は接地され、対角線上の電極は電気的に接続されている。2つのセラミックパッドがプレートの長手方向の2つの辺のうち一方に取り付けられ、これらのパッドは、他方の長手方向の辺を押圧するスプリング機構によって被駆動物体に押圧されている。

【0004】 接続された一方の1対の電極にAC電圧が印加されると物体が一方に移動し、他方の1対の電圧に印加されると物体が他方に移動するように、長手方向及び短手方向は（異なったモード指令に対して）隣接した共振周波数を有している。

【0005】 本発明の目的は、従来のマイクロモータより高い速度、高い駆動力及びより小さい最小ステップサイズを有するマイクロモータを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の第1の特徴は、その一方の大きな面に少なくとも1つの電極と、他方の大きな面に複数の電極とを有する薄い矩形のセラミックで構成される圧電プレートからなる。好ましくは、硬質材料の単一のスペーサが圧電プレートの短辺の中央に取り付けられ、物体に対して押圧されている。少なくとも幾つかの電極が通電されると、以下に説明するように、矩形の圧電プレートの辺の方向に沿って、圧電プレート又は物体のいずれかの移動が生じる。

【0007】 この発明の特徴の第1の実施例では、矩形の大きな面の寸法、すなわちx軸方向、y軸方向の長さ

50

7

は、所定の選ばれた長さになっており、その長さは、異なったモードではあるがxとy（圧電プレートの矩形の大きな面に含まれる方向）に対して所定の共振周波数を有するように、選択されるのが好ましい。好ましくは、共振は重複した特性曲線を有する。

【0008】圧電プレートの励起は、両モードが複数の電極のうち選択されたものに対して励起される周波数で、AC電圧を印加することによって達成される。この実施例では、小さな変位が要求される場合には少なくとも幾つかの最小期間の間、より大きな変位が要求される場合にはより長い期間の間、共振励起が印加される。

【0009】この発明の特徴の第2の実施例では、励起は複数の電極のうち幾つかに対する非共振非対象のパルス電圧である。本発明者は、そのようなパルス例えばロー時間よりも比較的高いハイ時間を有する矩形パルスが使用されると、非常に小さな運動が達成されることを見出した。このような励起は、運動後に電極に残留電圧が残らないことが望まれる場合に特に有用である。

【0010】この発明の特徴の第3の実施例では、比較的大きなステップで物体を駆動する際に利用される共振AC励起と、小さなステップで物体を駆動する際に利用されるパルス励起との間で切り替えられる。

【0011】多数の電極形状が本発明により可能である。一つの実施例では、複数の電極は2つの矩形電極からなり、各電極は圧電プレートの1つの矩形表面の半分を覆い、セラミックの大きい矩形面の長手方向に沿って存在する。

【0012】第2の好ましい電極形状は、圧電プレートの大きな面を縦横に4分割し、4つのそれぞれの部分、すなわち四分割部に電極を与える。異なった励起モード（ACとパルス）及び励起形状により、モータによって生じる運動に対するより大きな又は小さな最小ステップサイズが生じる場合、これらの電極のうち1つ、2つ、又は3つが励起される。

【0013】本発明の他の特徴は、同一の共振周波数を有する複数の積層された圧電プレートの使用を含むが、それは異なった圧電材料で形成するのが好ましく、それらのうち1つは他よりも実質的に軟らかい。異なった硬度を有するセラミックは同一周波数で位相信号から外れて駆動される。このようなシステムでは、より硬い材料は物体を駆動するサイクルの部分の間で高い駆動力を与え、より軟らかい材料はより長い接触時間を与えるが力は小さい。この組み合わせにより、高いスタート駆動が慣性及び静的摩擦力を克服するのを許容するとともに、運動中に円滑な動作を伴う。

【0014】本発明の好ましい実施例は、望まれたモード以外の共振モードを抑制することによってマイクロモータの効率を増加するモード抑制装置の使用を含む。

【0015】本発明のさらに他の特徴によると、スペーサベアリングが設けられた辺の反対側の圧電プレートの

(4)

8

短辺にアームの一端が取り付けられている。物体に対して付勢されたスペーサが、アームの第2の端部に取り付けられている。動作中には、2つのスペーサが類似して励起し、被駆動物体での位相運動から離れ、マイクロモータの出力が増加し、圧電プレートの両端の運動及び力を利用することによって、スペーサによって付勢されている物体の円滑な運動が与えられる。

【0016】本発明の他の特徴は、圧電プレートの長辺上の点であって、この長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点に印加される弾性要素の使用を含む。そのような要素は、圧電プレートの短辺に平行な両方向において物体に対称運動を与えるのに使用される。

【0017】本発明のさらに他の特徴によると、本発明による圧電マイクロモータはディスクドライブの光学又は磁気読み／書きヘッドの移動に利用される。

【0018】したがって、本発明の好ましい実施例では、物体を動かすマイクロモータは、長辺及び短辺、第1及び第2面、第1及び第2面に取り付けられた電極、第1の辺、好ましくは短辺の好ましくはその中央に取り付けられて物体に押圧されるセラミックスペーサを有する少なくとも1つの矩形圧電プレートと、第1の辺と反対側の第2の辺に好ましくはその中央に力を印加し、物体にセラミックスペーサを押圧する弾性力源と、少なくとも幾つかの前記電極を励起する電力源とからなる。

【0019】本発明の好ましい実施例では、電圧源は少なくとも幾つかの電極を対称で単極のパルス励起電圧で通電する。

【0020】好ましくは、電圧源は、対称で単極のパルス又はAC励起のいずれかで、幾つかの電極を選択的に印加するように動作する。

【0021】本発明の好ましい実施例では、電極は圧電プレートの第1の面の好ましくは各四分割部にある複数の電極と、第2の面にある少なくとも1つの電極とからなっている。

【0022】本発明の好ましい実施例では、プレートの第1の面の一方の長辺に沿って四分割部にある電極は第1の極性を有する単極の対称パルス電圧が印加され、第1の面の他方の長辺に沿って四分割部にある電極は反対の極性を有する単極の対称パルス電圧が印加される。

【0023】代案として、セラミックスペーサに近接したそれぞれの四分割部の電極は反対の極性を有する単極の対称パルス電圧が印加されるか、セラミックスペーサから離れたそれぞれの四分割部の電極は反対の極性を有する単極の対称パルス電圧が印加される。

【0024】本発明の好ましい実施例では、対角線上に位置する四分割部の第1の組の電極は、所定の極性を有する単極の対称パルス電圧が印加され、好ましくは、対角線上に位置する四分割部の第2の組の電極は、前記所定の極性と反対の極性を有する単極の対称パルス電圧が印加される。

9

【0025】本発明の好ましい実施例では、マイクロモータは、複数の前記圧電プレートからなり、各プレートのセラミックスペースは物体に弾性的に押圧されている。好ましくは、複数のプレートの少なくとも1つは比較的より硬い圧電材料で形成され、複数のプレートの少なくとも1つは比較的より軟らかい圧電材料で形成される。本発明のさらに好ましい実施例では、複数のプレートの少なくとも1つに加わる電圧の位相は、他のプレートに加わる電圧の位相からずれている。

【0026】さらに、本発明の好ましい実施例では、長辺及び短辺、第1及び第2面、第1面及び第2面に取り付けられた電極を有し、該電極の少なくとも幾つかの電極が対称でかつ単極のパルス励起電圧で印加される少なくとも一つの矩形圧電プレートと、1つの辺、又は辺に取り付けた延長部を物体に対して弾性的に付勢する弾性力源と、からなる物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0027】さらに、本発明の好ましい実施例では、長辺及び短辺、第1及び第2面、第1面及び第2面に取り付けられた電極を有する少なくとも一つの矩形圧電プレートと、1つの辺、又は1又はそれ以上の辺の延長部を物体に対して弾性的に付勢する弾性力源と、少なくとも幾つかの電極に、対称でかつ単極のパルス励起電圧又はAC励起電圧を選択的に印加する電圧源と、からなる物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0028】さらに、本発明の好ましい実施例では、長辺及び短辺、第1及び第2面、第1面及び第2面に取り付けられた電極を有し、該電極の少なくとも幾つかが励起される複数の矩形圧電プレートと、該複数のプレートの1つの辺、又は1又はそれ以上の辺の延長部を物体に対して弾性的に付勢する弾性力源と、からなる物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0029】さらに、本発明の好ましい実施例では、長辺及び短辺、第1及び第2面を有するプレートと、該第1面に接続された複数の電極と第2面に接続された対向電極を有し、該電極の少なくとも1つが電圧で励起されて、プレートの1つの辺に対して垂直な方向の力を引き起こして物体に対して予備負荷を与えると共に、他の電極の少なくとも1つが電圧で励起されて、前記辺に対して平行及び垂直な方向の力を引き起こし、物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0030】さらに、本発明の好ましい実施例では、長辺及び短辺、第1及び第2面、第1面及び第2面に取り付けられた電極を有する少なくとも一つの矩形圧電プレートと、少なくとも幾つかの電極の電圧を印加して圧電プレートの所望の共振モードを確立する電源と、所望の共振モード以外の共振モードを抑制するモード抑制手段と、からなる物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0031】本発明の好ましい実施例では、前記モード

(5)

10

抑制手段は、所望の共振モード以外の共振モードによって引き起こされる振動を抑制するように適合された少なくとも一つの抑制手段からなる。

【0032】さらに、本発明の好ましい実施例では、2つの長辺及び2つの短辺、第1及び第2面を有する少なくとも一つの矩形圧電プレートと、圧電プレートの第1短辺の中心に取り付けられ物体に押圧される第1セラミックスペースと、一端に取り付けられた第2スペースを有し、圧電プレートの第2短辺の取り付けられた他端を有するアームとからなり、第1及び第2スペースは物体に対して付勢されるように適合された隣接する平行な面を有する、物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0033】さらに、本発明の好ましい実施例では、長辺及び短辺、第1及び第2面、第1面及び第2面に取り付けられた電極を有し、該電極の少なくとも幾つかが励起され、中央の長手軸に沿って一定間隔で設けられた穴を有する複数の矩形圧電プレートと、穴に回転可能に装着される一端を有する少なくとも一つのレバーと、からなる物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0034】好ましくは、レバーの他端は、固定プレートに回転可能に装着されるか、その代案として前記軸の方向にのみ移動するように拘束されたプレートに回転可能に装着される。

【0035】以上のすべての実施例では、セラミックスペースは圧電プレートの短辺の1つに、好ましくはその短辺の中央に取り付けられるのが好ましい。これにより、最適な駆動運動がセラミックプレートの短辺で生み出される。この場合は、圧電プレートの長手方向が、係合面にほぼ垂直となる。係合面に垂直な方向に十分な空間を取ることが出来ないシステムでは、本発明の好ましい実施例によれば、代案のセラミックマイクロモータが設けられている。ここで、圧電セラミックプレートの短辺の運動は、長辺と短辺のコナ部の近傍でプレートの長辺に取り付けられたスペースを用いてプレートの長辺と並設された物体を動かすのに使用される。

【0036】本発明のこの特徴によると、スペースは短辺で共振運動に従って動くが、係合面はセラミックプレートの長手軸に平行に駆動される。左右運動の対称性を避けるために、お互いに隣接するコナ部をスペースで支持して、2つの並列された圧電セラミックプレートを使用するのが好ましい。

【0037】さらに、本発明の好ましい実施例では、第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、前面及び裏面を有する第1及び第2矩形圧電プレートと、第1プレートの第1短辺は第2プレートの第1短辺とほぼ平行に並設され、各プレートは前面及び裏面に取り付けられた電極を有し、各プレートは、第1短辺の近傍の一端で第1長辺に取り付けられ、物体の表面に係合するセラミックスペースを有し、各プレートの一部に印加され、セラミック

50

11

スペーサを物体の表面に押圧する弾性力源と、からなる物体に対して運動を与える圧電マイクロモータが提供されている。

【0038】本発明の好ましい実施例では、前記弾性力源は少なくとも第2長辺の一部に印加される。加えて、あるいは代案として、前記弾性力源は圧電プレートの辺上の点であって、この辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点に印加される。

【0039】さらに、本発明の好ましい実施例では、お互いに離れて配置されたほぼ矩形の第1及び第2圧電プレートと、各プレートは2つの長辺及び2つの短辺、前面及び裏面を有し、隣接するプレートの面は平行で互いに対向し、隣接するプレートの長辺は平行であり、第1プレートの第1長辺に係合する少なくとも1つの固定サポートと、第1プレートの第2長辺に係合する少なくとも1つの弾性サポートと、第2プレートの第1長辺に係合する少なくとも1つの弾性サポートと、第2プレートの第2長辺に係合する少なくとも1つの固定サポートとからなり、第1プレートの第1長辺は第2プレートの第1長辺に隣接して設け、物体を動かす圧電マイクロモータが提供されている。

【0040】好ましくは、各サポートは、圧電プレートのそれぞれの長辺上の点であって、この長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点で各圧電プレートに係合し、各サポートは前記長辺に平行な方向にスライド可能である。

【0041】さらに、本発明の好ましい実施例では、第1及び第2長辺、第1及び第2短辺、長辺と短辺で囲まれた前面及び裏面、該前面に接続された複数の電極と裏面に接続された対向電極を有する圧電プレートと、第1、第2圧電プレートのそれぞれの長辺上の点であって、前記長辺の面に垂直な運動振幅がほぼゼロである点で前記各圧電プレートに係合する弾性要素を有し、少なくとも幾らかの電極を2つのモード、すなわち短辺に対し、短辺と平行な第1の方向に運動を与える第1のモードと、第1の方向と反対の第2の方向に運動を与える第2のモードで選択的に励起するための電源と、からなる物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0042】本発明の他の好ましい実施例では、マイクロモータはさらに、第1の方向と第2の方向に対称な運動と力を与えるように適合された構造アセンブリからなる。好ましくは、構造アセンブリは弾性要素を含む。

【0043】本発明の好ましい実施例では、前記電圧源は前記電極の少なくとも幾つかの電極にAC励起電圧を印加する。

【0044】さらに、好ましい実施例では、前記電極は、各圧電プレートの前面上の複数の電極と、各圧電プレートの裏面上の少なくとも1つの電極とからなる。好ましくは、前記複数の電極は前記前面の各四分割部にある電極からなり、前記電圧源は前記前面上の少なくとも

(6)

12

幾つかの電極にAC励起電圧を印加する。

【0045】本発明の好ましい実施例では、各プレートの対角線上に位置する四分割部の電極は同一極性の励起電圧が印加される。

【0046】さらに、好ましい実施例では、第1圧電プレートの第1長辺と第1短辺の間の四分割部の電極は第1極性の励起電圧が印加され、第2圧電プレートの第1長辺と第1短辺の間の四分割部の電極は第1極性と反対の第2極性の電圧が印加される。

10 【0047】本発明の1つの好ましい実施例では、電力源は、少なくとも幾つかの電極に、AC励起電圧の振幅よりも大きな絶対値を有するDC電圧を一定間隔で分離したAC励起電圧パルスからなるパルス励起電圧を印加する。好ましくは、前記パルス励起電圧のパルス率は物体の自己共振周波数にほぼ相当する。

【0048】本発明のさらに好ましい実施例では、前記第1及び第2矩形圧電プレートは少なくとも1つの長辺に接続された少なくとも1つの追加の電極を有し、電圧源は少なくとも幾つかの追加電極を印加する。好ましくは、前記少なくとも一つの追加電極は第1短辺の近傍の第1長辺のある電極を含む。さらに好ましくは、前記少なくとも一つの追加電極は第2短辺の近傍の第2長辺にある電極を含む。

【0049】好ましくは、前記電圧源は追加電極に励起電圧を印加し、これにより前記面にほぼ垂直な方向におけるセラミックスペーサの運動を増大する。好ましくは、前記電圧源は、各追加電極に、追加電極に隣接する前面の四分割部にある電極と同一極性の励起電圧を印加する。

30 【0050】本発明の好ましい実施例では、前記第1及び第2圧電プレートは前記面に垂直な運動振幅がほぼゼロであるプレート上の点で弾性的に支持されている。

【0051】本発明の好ましい実施例では、前記弾性力源は調整可能である。

【0052】本発明の好ましい実施例では、マイクロモータは、前記複数の第1圧電プレートと、前記複数の第2圧電プレートとからなり、各プレートのセラミックスペーサは物体を弾性的に押圧している。

40 【0053】本発明の好ましい実施例では、マイクロモータはさらに、スペーサによって物体に印加される力に対する反力を与えるために、前記スペーサと係合する表面と反対の前記物体の表面に係合する逆支持装置をさらに含む。好ましくは、前記逆支持装置は少なくとも一つの平坦な面に取り付けられた電極を有する圧電セラミックベアリングからなり、前記電圧源は少なくとも幾らかの圧電セラミックベアリングに電圧を印加する。

【0054】さらに、本発明の好ましい実施例では、軸回りに旋回可能で、両側で当該軸から一定間隔離れた第1及び第2端部、第1端部に取り付けられた読み書きヘッド、第2端部にある剛体を有するアームと、剛体要素

50



13

に対して弾性的に付勢された少なくとも1つの圧電プレートマイクロモータと、からなるディスクドライブが提供されている。

【0055】本発明の好ましい実施例では、前記圧電プレートは静止している。本発明の代案となる好ましい実施例では、前記圧電プレートは前記軸に対して移動可能である。

【0056】さらに、本発明の好ましい実施例では、軸回りに旋回可能なアームからなり、該アームは、両側で当該軸から一定間隔離れた第1及び第2端部、第1端部に取り付けられた読み書きヘッド、第2端部に取り付けられ、前記アームとともに移動可能な圧電プレートとを有するディスクドライブが提供されている。

【0057】本発明の好ましい実施例では、前記軸は前記圧電プレートを貫通して延びている。

【0058】本発明の好ましい実施例では、マイクロモータはさらに、前記圧電プレートに対して付勢された剛性要素からなる。

【0059】さらに、本発明の好ましい実施例では、軸の回りに旋回可能で、2つの長辺及び2つの短辺を有する第1矩形圧電プレートと、2つの長辺及び2つの短辺、該辺に取り付けられたセラミックスペーサを有する第2矩形圧電プレートとからなり、前記スペーサは前記第1圧電プレートの辺に対して付勢されている、物体を動かすマイクロモータが提供されている。

【0060】好ましくは、前記第2圧電プレートに取り付けられたスペーサは前記第1圧電プレートの長辺に対して付勢されている。

【0061】本発明の幾つかの好ましい実施例では、マイクロモータはさらに、前記第2圧電プレートのスペーサと、前記スペーサが付勢されている第1圧電プレートの長辺との間に位置する剛性の弓形要素からなる。

【0062】

【実施例】本発明の好ましい実施例によるモータにおいて使用される比較的薄い矩形の圧電プレートの大きな一つの面を示す図1を参照する。この圧電プレートの面（以下「第1面」という）には、4個の電極14、16、18及び20がめっきされている（plated）か、さもなければ張り付けられており、これにより、それぞれが実質的に第1面の1/4を覆う矩形から成るチェッカー・パターンが形成されている。圧電プレートの反対側の面（以下「第2面」という）は、好ましくは、一つの電極（図示せず）で実質的に全体が覆われている。対角線方向に配置された電極（14及び20；16及び18）は、好ましくはその4個の電極の連結部分（junction）の近傍に配置されたワイヤ22及び24によって電気的に接続されている。第2面上の電極は好ましくは接地されている。その代わりに、これらの電極を、その形成に使用される技術に類似したプリント回路技術によって接続してもよい。

(7)

14

【0063】比較的堅いセラミックのスペーサ26が、例えば接合剤で、圧電プレート10の短辺28に、好ましくはその辺の中央において取り付けられている。

【0064】圧電プレート10は多数の共振モード（resonances）を有している。特に、圧電プレート10の寸法は、Dx及びDy方向の共振モードが近づいており（closely spaced）、励起曲線（excitation curves）が重なるような寸法が選ばれている。特に、本発明による好ましい共振は、図2及び図4に示されているように、Dy方向については1/2（0.5）モード共振であってDx方向については1 1/2（1.5）モード共振である。しかし、セラミック10の寸法に応じて他の共振モードを使用することができる。

【0065】圧電プレート10が図6において $\omega_0$ として示された帯域内の周波数で励起されているとき、Dx及びDyの双方の共振モードが励起される。図3は、所定の電極に電圧を印加し、それにより二つの共振モードを励起する一例（one configuration）を示している。この例では、電極16及び18に電圧が印加され、電極14及び20は浮いたままである（又は、あまり好ましくはないが接地されている）が、そのモードの振幅が図2に示されている。この例における励起は、Dyが正のときDxを負にし、その結果、圧電プレート10の動きが阻止されている場合には、圧電プレート10に押し付けられている物体30が左方向に動くことになる。物体30の表面は、回転すべき円筒の表面のようにカーブしているように描かれているが、直線的な動きが望まれる場合には、その表面は平坦でもよい。

【0066】電極14及び20に電圧が印加され電極16及び18が浮いたままである（又は、あまり好ましくはないが接地されている）図5に示された励起の例については、Dyのモードは同一であるが、Dxのモードは位相が逆であり、右方向への移動を生じさせる。

【0067】本発明の好ましい実施例では、圧電プレート10は、固定された1対の支持体32及び34と2個のバネ付きの（spring loaded supports）支持体36及び38とにより、動きが阻止されている。支持体32～38は、圧電プレート10と、x方向の移動が0の位置においてそのセラミックの1対の長辺40及び42に沿って接している。これらの支持体はy方向にスライドするように設計されている。

【0068】このようにバネが取り付けられているのは、磨耗の効果（effect of wear）を低減し、圧電プレートを或る程度衝撃から保護（a degree of shock protection）するためである。

【0069】バネ付きの支持体44は、好ましくは短辺28の反対側の圧電プレート10の第2の短辺43の中央部に押し付けられる。支持体44はセラミック26と物体30との間に圧力を与え、これにより、セラミック26の動きが物体30に伝達される。バネ付き支持体4

(8)

15

4は圧電プレート10が励起される周波数の1周期よりも十分に長い応答時間を有している、ということに注意すべきである。したがって、物体30に与えられる動きの方向と反対にセラミック26が動いているときには、物体30に押し付けられているセラミック26の表面は、実際にはその周期の一部の期間だけ物体から離れていく。

【0070】本発明の好ましい実施例では、バネ付き支持体36、38及び44は、中身の詰まった堅いゴム製の円柱体(バネ)であって、好ましくは約60のショアーAの硬度(a Shore A hardness of about 60)を持つ、好ましくはシリコン・ゴム製のものである。実際に、このような「バネ」は、Oリング(例えばパーカーハニフィン(Parker-Hannifin)により市場に提供されているもの)の一部を切断して所望のサイズにすることにより製造することができる。好ましくは、そのバネの共振モードは、使用される圧電プレートの共振モードからは遠く離れているべきである。本発明の好ましい実施例では、球状又は半球状の堅い部品(element)がそのバネ部品(spring element)とセラミックとの間に配置される。

【0071】本発明の好ましい実施例では、圧電プレート10の寸法は、モーガン・マトロック社(Morgan Matroc Inc.)によって製造されたPZT圧電材料を使用した場合、2mmと5mmの間の厚みを有する30mm×7.7mmの大きさである。この例に対し、所望の速度、物体30の重さ(及び/又はバネ44の圧力)、及び要求される力(power)に応じて、圧電プレート10を励起するために30〜500ボルトの交流を使用することができる。このような装置は、20〜100kHzの範囲内の周波数で動作し、10ナノメータ(nm)の範囲内の最小ステップサイズ(a minimum step size)を有し、約15〜350mm/sec(又はそれ以上)の最大速度を有する。これらは、公称の範囲に過ぎず、圧電プレート10として使用される材料、寸法、選択される共振モード、及びその他の要因に応じて変化する。

【0072】実際には、より大きい寸法のセラミックは20mmと80mmの間とすることができ、より小さい寸法のもの3mmと20mmの間とすることができ、例えば、極めて長く薄い装置(例えば、3mm×80mm)は極めて高速度のモータとなるであろう。

【0073】物体30に対して付勢される圧電プレート10の短辺28に取り付けられたスペーサ26を用いることにより、与えられたサイズのマイクロモータから出る力が、スペーサが取り付けられていない同一サイズのマイクロモータに比べて増大する。スペーサが取り付けられていない場合には、短辺28が直接物体30に作用する(engage)。この力の増大は、励起中に圧電プレート内で生成される共振モードのエネルギーがスペーサに集中することによる結果である。

16

【0074】好ましくは、スペーサ26はシステムの共振モードに影響を与えるべきではない。また、所与のエネルギー出力(power output)に対しx方向の運動について可能な最大振幅を達成することが望ましい。これらの目標は極端に薄いスペーサを使用することにより達成されるかもしれない。しかし、共振周波数の点から薄くしたスペーサは、しばしば薄すぎるため、とうてい実際的でない。本発明の好ましい実施例による、より実際的な解決策は、そのスペーサにおける共振モードの2/2、3/2又は4/2波長にほとんど等しい長さのスペーサを利用することである。スペーサ26は99%のアルミニウムによって製造される。前記セラミックとこのスペーサとの材料の相違のため、スペーサの共振モードの1/2波長は、同一周波数のセラミックにおける1/2波長よりもほぼ3倍短い(ほぼ1/3の長さである)。実際には、約4〜5mmの長さを有するセラミック製スペーサが適当であることが判明している。

【0075】図1〜図6と関連づけて上記で説明された実施例において、図1における圧電プレート10は、その圧電プレートの共振に近い周波数の交流電圧によって励起される。図7及び8に描かれた方法では、パルス状の単一極性の電圧(a pulsed unipolar voltage)によって励起される。本発明による、このパルス状の励起の実施例において、電極14、16、18及び20は、図1の実施例におけるような固定された方法で接続されているわけではなく、以下において説明するように、要求される最小ステップに応じて、異なる方法で接続される。

【0076】パルスによる方法の動作原理は図7に示されている。この図において、圧電プレート10の第2面上の電極を基準として、電極14及び18は正の直流電圧によって励起され、電極16及び20は負の直流電圧によって励起される。この励起の下で、圧電プレート10の左側10が右側よりも長くなり(図7では非常に誇張されて描かれている)、セラミック26が右方向に移動する。当然ながら、電圧が印加されなくなると、このセラミックは元の位置に戻る。

【0077】しかし、非対称の電圧パルス、例えば図8に示されているような電圧パルスが電極に印加されると、ゼロに戻る間において、物体はセラミック26によってその出発位置まで戻ることはない、ということの本願発明者は見出している。好ましくは、このパルスの立ち下がり時間が立ち上がり時間よりも少なくとも4倍長くなるようにすべきである。パルス全体の時間(a total pulse time)は10〜50ミリ秒であるのが好ましいが、正確な時間は、圧電プレートによって動かされる質量及びバネ44の力に依存する。実験では、1マイクロ秒の立ち上がり時間と15ミリ秒の立ち下がり時間とにより、優れた結果が得られている。この例の最小ステップは、パルス電圧に依存し、30〜100ボルトのピーク電圧に対して2〜6nmに変化し得るものであり、



17

より大きい質量に対しては慣性が増大するため最小ステップが大きくなる。このモードは、一般に、大きな動きには使用されないが、移動させる対象物体の最終段階の配置には有用である。励起の極性を逆にするか、又は、立ち上がり時間を長くして立ち下がり時間を短くすると、反対の方向に移動することになる。このモードにおける物体の動作はよく理解されているわけではないが、極端に小さい最小ステップを実現することができる。

【0078】上記の代わりに、一方の電極対のみに電圧を印加し (electrified)、他方の電極対は接地するか又は浮かせておく。

【0079】モータがパルス状に動作する代替の実施例では、電極14及び16に同一の電圧が印加され、電極18及び20には反対の極性の電圧が印加される (又は接地され、又は浮いたままにされる)。このような電圧印加 (electrification) によっても、極めて小さい移動が行われることになる。

【0080】このようなパルス状の電圧によって電極を励起する他の例により、別の最小ステップ値が得られる。例えば、電極14を正のパルスで励起し、電極16を負のパルスで励起すると (一方、電極18及び20は接地されるか、又は浮いたままとされる)、約2~5nmの最小ステップが得られる。電極18及び20をそれぞれ正及び負のパルスで励起することにより (一方、好ましくは電極14及び16は浮いたままとする)、5~8nmの最小ステップが得られる。電極14及び18に一方の極性のパルスが印加され、電極20にはその反対の極性のパルスが印加されたときは (電極16は浮いている)、同じような値の最小ステップが得られる。代替の例として、上記において浮いているとされた電極を接地することができるが、この場合は、効率が低下することになる。

【0081】特に有用な差動モードにおいては、2つの電極14及び20には正のパルスが印加される一方、2つの電極16及び18は接地され、フロート状態にし、もしくは負のパルスが印加される。このモードにおいては、非常に小さい最小の動きを、0.1乃至2nmの範囲で達成することができる。対角方向の電極には、同一又は異なった振幅の電圧のパルスを印加してもよい。

【0082】パルス電圧による励起は、好ましくは図8に図示された形状を有して利用され、例えば、各電極が分離されて励起可能である、上述されたSU693494号の形状のような従来技術の形状に印加されるときにまた有用である。

【0083】本発明に係るモータの好ましい実施例においては、圧電プレート10は、まず、高速の動きを目標の位置の近傍に生成するように、図1乃至図6を参照して説明したようにある交流電圧によって励起され、次いで、図7及び図8を参照して上述したようなパルス電圧によって励起される。このような励起のための装置構成

(9)

18

を含むモータシステムの好ましい一実施例が、図9においてブロック図の形式で図示されている。

【0084】図9に示すように、コントロールシステム50は、例えば、それぞれ電圧調節された1対のレギュレータ電源54及び56に対してエネルギーを印加することと、4個のスイッチ/変調器回路58、60、62及び64とを制御するマイクロコントローラ52であるコントローラを備える。スイッチ/変調器回路の各々は電極14、16、18又は20の1つに接続される。第2の面上の電極は、好ましくは同調用インダクタ66を介して接地される。

【0085】マイクロコントローラ52は好ましくは、物体30の位置を示しかつマイクロコントローラ52へのフィードバックを提供する位置指示器 (又は位置検出器) 68からの位置信号を受信する。マイクロコントローラ52はまた好ましくは、位置 (又は動き) を受信し、さらにオプションでユーザインターフェース70からの速度コマンドを受信する。

【0086】動作中において、マイクロコントローラ52は、ユーザインターフェース70からの位置コマンドを受信し、それを位置指示器68によって指示される実際の位置と比較する。もしコマンドが移動コマンドであれば、その位置はただ後の比較のために記憶 (記録) する。

【0087】マイクロコントローラ52は、必要とされる動きの量を記憶し、予め決められた最適化基準に基づいて、交流モード又はパルスモードが適当であるか、そして、ほとんどの物体が移動する方向はどちらの方向であるかを決定する。複数の適当な信号は、圧電プレート10が上述のように適当な励起形状で動作するように、それらの信号が各電極に対して交流電圧又はパルス電圧のいずれか (もしくは、無電圧又は接地電圧) を生成して印加されるように、スイッチ/変調器回路に出力する。移動すべき距離の中で残っている距離は適当なレベル以下に減少され、マイクロコントローラ52は図7及び図8を参照して上述した、適当なパルス励起を利用する高解像度低速度モードに切り換える。位置の高い正確さが所望されるときに、励起様式における幾つかの変形を適宜行ってもよい。物体30が目標の位置に到達したときに、複数の電極の励起は終了される。

【0088】圧電プレート10の電気的な共振とそれに接続される配線とを、圧電プレート10の機械的な共振と同一の周波数に同調させるためにインダクタ66が用いられる。電気回路は、圧電プレート10の第1と第2の面上の複数の電極によって形成された静電容量のほとんどからなるので、この静電容量を“同調外に設定し”かつ当該システムの効率を改善するために、例えばインダクタ66のようなインダクタを付加することが適当である。

【0089】当該システムの動きの制御は閉ループシス

(10)

19

テムについて説明してきたが、より低い正確さでの開ループ動作も可能である。閉ループ動作に対しては、当該システムは約0.5nmよりも良い正確さを達成することができると思える。開ループ動作に対しては、動きの量はかなり正確に評価検出することができ、位置は動きの全体の量の約0.1%乃至1%以内に制御することができる。

【0090】本発明の好ましい実施例によれば、所望の共振モード以外の共振モードを抑制することによってマイクロモータの能力を増加させるために少なくともひとつの拘束部材 (constraining member) が使用される。図32は2つの拘束部材が使用された形態を示し、図33は、実寸法からの外れを強調して示した所望モードに関するセラミック10を示す図32と同様に、ある形態を示している。圧電プレート10の輪郭にきつく備わり取り付けられた拘束部材300、302は、糸もしくはワイヤにて作成可能であり、上記圧電プレートに接着可能である。又、部材300、302は、プラスチックもしくは金属成形を含むこともできる。部材300、302は、動作の所望モードに関するX方向において寸法変化が0である点、即ち、セラミック10の長さのほぼ1/6及びほぼ5/6の位置に好ましくは位置する。他のモードではそれらの位置の一若しくは両方にて寸法変化を有し、それによって抑制される。そのような形態において、スペーサ26の運動幅 (motion amplitude) は拘束部材を有しないマイクロモータにおいて同じ入力電力にて得られる運動幅に比較して30%に達することにより増加可能である。又、符号300若しくは符号302のいずれか一方のみの拘束部材が使用される。

【0091】本発明の好ましい実施例において、図34に示すように、上記マイクロモータの出力を増加し上記スペーサに押圧される物体の動作を円滑にするため、固定アーム310がスペーサ軸受け端 (bearing edge) に対する圧電プレート10の短絡端 (short edge) に取り付けられる。アーム310は、好ましくは圧電プレート10の表面にほぼ平行に取り付けられ、アーム310の一端は垂直部材314を介してセラミック10の短絡端43に取り付けられる。物体30に押圧されて取り付けられるスペーサ312は、スペーサ26が取り付けられるセラミック10の端部近傍にてアーム310の他端に取り付けられる。

【0092】図34の実施例の他の多くの好ましい形態が存在する。そのような形態の一つにおいて、スペーサ312は好ましくはセラミックであり、垂直部材314は好ましくはアルミニウムにて作成される。この形態において、垂直部材314が圧電プレート10の第1面の電極を短絡することを避けるため特別の注意を取らねばならない。他の形態において、垂直部材314はセラミックである。上述した形態において、垂直部材314は短絡端43の全体に沿って取り付けことができ、若し

20

くは短絡端43の中央部のみに例えばセラミックスペーサによって取り付けることができる。

【0093】図3又は図5に示されるような形態において、AC電圧による圧電プレート10の励磁 (excitation) に関連して上述した形態の一つの利用は、図35に示すように、スペーサ26に関してスペーサ312の位相外れ動作 (180°の位相の相違) となる。結果として、物体30に働く力は2倍になり、物体30の動きは、そのようなアームを使用しないマイクロモータに比べよりスムーズになる。

【0094】又、エレメント10の他の励磁 (excitations) 及び形態は、ここに記述するように、図32から図35に示す装置に関連して使用することができる。本発明によるモータの好ましい実施例において、複数の圧電プレートが上記モータの出力を増加するため、及び異なる装置間に存在する変化 (variability) を減じるために形成可能である。図10に示されるそのような一つの形態は、くし形形態にて2つの圧電プレート10、10'を備える。即ち、圧電プレート10、10'により誘発される動作方向において2つの圧電プレート10、10'がくし形にて取り付けられる。2つの圧電プレートは、図9に示される制御システム50のような共通の制御システム若しくは分離した制御システムによって駆動可能である。明快となるように、制御システム及び電気的接続は図10には示していない。

【0095】図10に示すように、圧電プレート10、10'の中間に位置するスペーサユニット74は、上記圧電プレートを支持し分離する。4つのスプリング付勢サイドサポート76及び2つのスプリング付勢エンドサポート78は、図1の実施例に関連して上述したような同一の方法にて圧電プレート対を支持する。実際には、圧電プレート10、10'は、好ましくはスペーサユニット74とスプリング付勢サポート76、78の伸びにより圧電プレートの表面に垂直に動くことが拘束される。このような形態が図11に示される。

【0096】図11は、2つのユニットと3つのユニットのくし形/平行形態にて形成された6つの圧電プレートを示す。図示の制約のため、スプリング付勢サポート及び圧電プレートに対する押圧スペーサユニット74の機構は示していないが、その好ましい支持機構は図10に示されるものである。又、他の形態である、2×4のくし形/平行形態も有益である。

【0097】本発明によるモータの好ましい実施例において、図10及び図11に示される実施例に使用される圧電プレートはすべて同じではない。本発明のこの実施例において、一つ若しくは複数の圧電プレートはPZT-8 (Morgan Matroc Inc.にて製造される) のような比較的硬い材料にて作成され、一つ若しくは複数の圧電プレートはPZT-5H (Morgan Matroc Inc.にて製造される) のような柔らかい材料にて作成される。上記の2

(11)

21

つのタイプの材料は、同じx、y寸法と同じ共振(resonance)を有し、共振周波数が個々の圧電プレートの厚さを調整することにより得られるように、物理的に形作ることができる。又、両方の材料が同じ厚さにて使用することもできる。そのような形態において、上記の柔らかい材料のブロード(broader)Qは、硬い材料及び柔らかい材料の両方が同じ周波数にて十分に励磁(excite)されることを仮定するであろう。

【0098】上記柔らかい圧電プレートが帯電されるとき、共振幅がDx及びDyの両方において大きくなり、セラミック26が物体に接触する期間の部分(時間)が上記硬い圧電プレートに関するよりも大きくなる。しかしながら、この性質により、柔らかい圧電プレートが作用する原動力量は低くなり、動作のむらも低くなる。

【0099】先のパラグラフにて記述したように両方のタイプの圧電プレートが使用される、本発明の好ましい実施例において、硬い圧電プレートは静止摩擦及び他の慣性力を抑える能力があり、柔らかい圧電プレートは、硬い圧電プレートのみが使用される場合よりもスムーズな停止、起動にてよりスムーズな、より正確な動作を付与する能力がある。

【0100】本発明の好ましい実施例において、2つのタイプのセラミックは、互いに位相外れ(180°の位相差)を起こす。この場合、2つのタイプのセラミックは、本質的に独立した方法(励磁サイクル(excitation cycle)の異なる部分にて)で動作し、2つのタイプの圧電プレートの異なる動作のため最小の摩擦となる。本発明の好ましい実施例において、位相の逆転は2つのセラミックにて極性化方向を逆にしたセラミックを使用することで達成される。又、位相外れした電圧を印加することもできる。上記セラミックの逆位相動作はまた、同一特性の2つの圧電プレートが使用されるときにも有益である。

【0101】本発明のすべての有利な点を有するX-Y運動も可能である。X-Y運動を生じる一つの形態が図12に示される。一体式のX形状セクション90は、圧電セラミック材料で形成され、上記セクションの大きな平坦な内面に形成された前及び後電極を有する。図示されていない(及び完全に若しくは部分的に示される面に対する)上記内面には、全面に配置された単一電極が設けられる。それらの単一電極は、接地され(若しくはシステム電力共同帰線に接続される)、本発明の好ましい実施例によれば、示される上記電極は上述した機構に従い活性化される。そのようなデバイスでX-Yテーブルを構成することは、図1及び図11に従い上述したように上記セラミックを保持し、セラミック26に接触する平坦なテーブルを加えることのみが要求される。同一の若しくは異なるセラミックの複数のX形状セクション90は、図10及び図11に関して上述したような平行くし形態において使用可能である。

22

【0102】図13は第2の形態を示しており、この形態は、図1～5に示したような圧電プレートが2つ一体に固着されたものであり、一端でのX方向の運動および他端でのY方向の運動を達成する。

【0103】図13の形態を使用し、かつ、本願発明の好ましい実施例として構成されたX-Yテーブル100は、図14に単純化された形で図示されている。テーブル100は、固定されたベース102およびトップ104の間に挟まれた図13の形態中に2つの圧電プレート10からなるものであり、支持体106、108、110、112、114および116、118および120が、図1～5の支持体32、34、36および38に、形および機能において同一である。支持体106～120のすべては定着物(明確には表示されていない)に一体に設けられているが、ベース102には取り付けられていない。しかしながら、定着物とベース102との間をX方向(矢印122で示す)にスライド移動することが許されるスライダが設けられることが好ましく、かつ、定着物に取り付けられている。

【0104】一組のスライダ124、126および128は、矢印130で示したY方向に定着物についてトップ104の動作を許すように設けられている。スライダ124～128は定着物に取り付けられることが好ましい。

【0105】要するに、定着物は、上下の圧電プレート10およびスライダ用支持体を有しており、前記スライダはベース102に対してX方向に定着物、および、この定着物に対してY方向にトップ104のスライド移動を許すものである。

【0106】使用中、下方側の圧電プレートの励起は、それをX方向に移動させる。トップ104は定着物に対してX方向に移動することを前記定着物に規制されているので、トップ104はX方向に定着物と同様に同じ量だけ移動する。したがって、下方側の圧電プレートの励起はトップ104のX運動を生じさせる。上方側の圧電プレートが励起された場合、トップ104は定着物に対してY方向に移動する。定着物はベースに対してY方向にいくらか移動するように規制されているので、トップ104はベース102に対して移動する。。

【0107】上方および下方の圧電プレートを選択的に励起することがベース102に対してトップ104のX-Y動作を生じさせ、図1～図11の実施例について上で示した直線運動に関する実施例のすべての利点を有している。圧電プレートの一つだけを励起すると、一方向だけの運動が生じる。

【0108】X、Y、Z運動、X、Y、 $\Theta$ 運動、または、直角でない複数の軸に沿う運動方向に略述した原理を使用することは可能であり、各軸に沿って運動させるために異なるセラミックを設けてもよい。

【0109】さらに、異なる又は同一の部品からなる圧

(12)

23

電プレートの2個縦列および直列配置は、図10および図11を参照することにより、直線運動装置に関する2個縦列配置のように、前述と同様な利用を生じさせる。

【0110】回転運動を達成するために本願発明にかかる圧電プレートの使用が図15に示されており、図10で示されたと同様な圧電プレート150の2個縦列形態が、シリンダー152に沿うように、かつ、シリンダー152を回転するように適用されている。このような形態により、セラミックスペース26の表面はシリンダー152の表面に沿う凹面形状を有していることが好ましい。図1〜5に示したと同様の単一圧電プレート、または、環状に配置された圧電プレートのいくつかは形態150の代わりにも使用できる。

【0111】球体の円運動および3次元位置決めが必要な場合、図15のような形態は、球体を回転させ、かつ、位置決めするために形態150と同様、3つの直交するように配置されたセラミック組成物を設けることにより、修正して使用される。もし、回転だけ（そして、3次元の位置決めが必要でない）が必要な場合、2つの直交する駆動部で十分である。この実施例では、セラミック26の外表面が球体の表面に沿うように形成されている。

【0112】本願発明を使用する場合、速度、正確さ、駆動力の組み合わせ改良することは可能である。単一セラミックパッド26だけを使用することにより、過大な力が必要とされるクラッキングのための先行技術以上に、物体30に対してセラミックを押すため、より大きな力を用いることができる。2個縦列のセラミックの使用は意外に駆動力および速度の増大をもたらす。一般に、より高い速度およびより大きな駆動力のいずれもが、本願発明では同一体積の圧電プレートで同時に達成できる。

【0113】また、本願発明は、前述の実施例において図示された長方形の電極が使用されている場合、運動は完全な直線ではなく、すなわち、セラミック26の運動の回転特性のため、セラミックの一部分だけが動作中の物体30に接触することが分かる。14'、16'、18'および20'が前述の図で示された直線化バージョンのきっちりとしていない電極である場合には、例えば、図16に示すように電極を切削することによって改良できる。図16には正弦変化が示されているが、他の電極形状もまた装置が直線化するように改良することが可能である。

【0114】本発明の好ましい実施例として、図36に一例が挙げられ、複数の圧電プレートを含む配置は、X軸に沿って反対方向に物体30の運動を対称運動とするために用いられる。この配置が、実質的に使用される場合、同一の力および振幅をXおよび-X方向に適用できる。図36で示された配置は、図36で示されたX、Y方向によって形成されるX-Y平面で同一方向に方向づ

24

けされている2つの平行な圧電プレート10、10'を有している

【0115】図36に示すように、圧電プレート10、10'のそれぞれは、一对の固定支持体32、34および一对の弾性支持体36、38によって移動が規制されている。支持体32〜38は、各セラミックの長辺40、42および40'、42'上の点であって、X軸方向に運動振幅がほぼゼロである点でセラミック10、10'を支持する。支持体32〜38はY軸方向にスライド可能であることが好ましい。

【0116】固定された支持体32および34は長辺40において圧電プレート10と係合し、一方、圧電プレート10'に対しては、固定された支持体32、34が長辺42'と係合している。弾性支持体36、38が圧電プレート10の長辺42と係合し、一方、圧電プレート10'に対しては、弾性支持体36、38が長辺40'と係合している。この配置により、一つの圧電プレートによってもたらされるXおよび-X方向の移動量の誤差が、同一構成ではあるが支持形態が反対の他の圧電プレートによって補償される。

【0117】X軸に沿う対称運動を提供するための択一的配置が、本発明の好ましい実施例として図37に図示されている。

【0118】図37は、2つの全く同一構成のアセンブリ320及び340を有する装置を示している。アセンブリ320は2つの剛体322及び324からなり、それらはヒンジ326によって連結されていると共に、ヒンジ328及び329によって基台（図示せず）にそれぞれ装着されている。同様に、アセンブリ340はヒンジ327、341、342によって基台にそれぞれ装着されている。

【0119】ヒンジ326及び327は、圧電プレート10の面に形成した孔を貫通して延びている。ヒンジ326及び327用の孔は、短辺に沿って2つの電極の間、例えば、電極14と16の間と、電極18と20の間にそれぞれ配設され、X軸に沿って動作しない位置であるのが好ましい。本発明の好ましい実施例では、ヒンジ326及び327はセラミック10の1/6及び5/6の長さで短辺28からそれぞれ離れている。

【0120】各要素322はセラミック10の反対面に2つの腕部330及び331を有し、各要素324がセラミック10の反対面に腕部334及び335を有するのが好ましい。これにより、セラミック10は腕部330と331、腕部334と335の間に配設される。弾性要素337及び338は要素322の腕部330と331の間、要素324の腕部334と335の間に配設されるのが好ましい。アセンブリ320の弾性要素337及び338はセラミックの長さの約1/6で圧電プレート10に弾性を付与しており、アセンブリ340の同様な要素はセラミック10の長さの約5/6で弾性を

25

を付与する。

【0121】1つの典型的な装置では、圧電プレート10はPZT・4によって構成され、300mmの長さ、7mmの幅、3mmの厚さを有する。この装置での弾性要素337及び338は、5mmの長さで、直径2.5・3mm、ショア硬さ60・70のシリコンシリンダである。弾性要素44は、長さ5mm、直径2.5mmで、圧電プレート10の短辺43に約5N（ニュートン）の力を及ぼすことが可能である。図3又は図5に示すように、交流200・300Vで圧電プレートを励磁して、この装置を使用する場合、0.1・0.3 $\mu$ mの分解能（resolution）と最大約400mm/secの速度とが得られる。

【0122】本発明の好ましい実施例では、図17に示される形状の電極が使用されている。この実施の形態のために、電極14、16、18、20に加えて付加電極150が圧電プレートに適用されている。電極150は好ましくはセラミック10と同一幅まで延設され、直流電圧あるいは他の電極で使用される調波電圧によって励磁される。そのような励磁の結果、セラミック10は伸長され、移動対象物体に対してモータに予備負荷を与える。調波励起を使用することによって、この予備負荷は他の電極に対して同期され、セラミック26と移動対象物体との間の接触時間を増大させる。理論上は、そのようなシステムからスプリング44を省略することが可能であるが、実際には（圧電プレートよりもさらにゆっくりと反応する）幾らかの弾性付勢力が使用され、必要ですらある。同様な作用が図18及び19の実施例から得られる。

【0123】単体及び複数のセラミックモータのいずれにも適用可能な他の装着手段が図20に示されている。この装着手段では孔が、圧電プレート10の中心と、その中心線上の1/6と5/6の位置とに形成されている。これらの孔はセラミック10の厚みの20及び30%の直径を有するのが好ましい。ピン152は約±100 $\mu$ mの隙間を有して孔内に配設され、少なくとも一端はレバー154、156、158の一端に取り付けられている。ピンはセラミック10内で伝わるのと同じ音響速度を有する材料で形成されている。ピンは金属、セラミックあるいは他の適切な材料で構成すればよい。

【0124】本発明の好ましい実施例で使用されるセラミック10の共振モードに対しては、セラミックは孔のあるあたりにおいては、長手方向にのみ移動する。実際、中央孔は殆ど移動しない。レバーの他端が固着物体160に回転自在に取り付けられると、セラミック10はその長手方向に沿ってのみ移動させられる。これにより、スプリング36及び38を除去することが可能となる。さらに、スプリング44は、物体が移動される方向にレバーの1つを推し進め、モータを付勢するスプリング44'によって置き換えられる。そのようなスプリン

(13)

26

グの多くは他のレバーを付勢するように使用される。

【0125】同様な原理が、図21に示すように、2つの並設された圧電プレート10及び10'を装着することのみに適用される。この配置では、圧電プレート10及び10'は上述の手段に使用される5つのレバー162、164、166、168、170に装着される。レバー170は、好ましくは両セラミックの中心に取り付けられると共に、プレート172の中心に固着される単一部材のレバーであることに注目すべきである。他のレバーは一端をセラミックの1つの孔に回転可能な装着され、他端をプレート172に回転可能に装着されている。各セラミック10'及び10'は下端をスプリング44によって別個に付勢されている。

【0126】他の形態では、セラミック10及び10'はスプリングでは付勢されていない。しかしながら、プレート172は垂直方向にのみ移動できるだけであり、移動対象物体に対してセラミック10及び10'を付勢するために、下端でスプリング（図示せず）によって付勢されている。装着手段の種々の幅寸法は、これらの好ましい実施例に於けるこの原理を使用することにより、勿論、技術上の改良が可能である。

【0127】上述のピンに圧電プレートを装着する主な利点は、セラミックの温度を顕著に低下させることであり、それは取付位置から熱を奪うことによって達成される。また、取付位置は好ましい操作形態では熱い部分でもある。特に、これらの位置の温度は、この手段を使用することによって50・80℃から約30℃まで低下させることができる。

【0128】セラミックからピンへの熱伝導がよいとき、ピンの冷却効果は高められる。そのような熱伝導を確実にするために、ピンは熱伝導性がよく、相対的に柔らかい材料、例えば、穴の内壁を被覆するエラストマー中に固定されるべきである。1つの適切な材料はエポキシであり、それは硬化するには不十分な量で使用される。そのような弾性材料は孔でピンを小さく部分的に回転させるのに十分である。本発明の好ましい実施例では、エポキシには（圧電プレート自身と同様な材料の）PZT粉末が約40%充填されている。そのような充填により、エポキシでの音響速度を圧電プレートに合わせることができる。

【0129】また、装置の動きは、セラミック26が移動対象物体に接触状態にある時間量に基づいて測定可能である。そのような測定を容易にするために、移動対象物体に面するセラミックの表面は金属でコーティングされ、電極はこのコーティングに接触している。この目的のために、コーティングはセラミック26の側部に伸びている。移動対象物体は金属（あるいは金属コーティングを有するもの）からなり、接触時間をセラミック26の金属コーティングと移動対象物体との間の短絡時間として測定することができる。

27

【0130】図22、23、24はステージの駆動を行うためにセラミックモータを適用した場合を示し、CDプレーヤのような光学ディスク読取装置として使用される。そのような装置では、ステージ160には孔164が形成され、その孔164を通して、ステージ160に装着された光学読取器（図示せず）が光学ディスクを検出する（及び読み取る）。

【0131】図22では、ステージ160は2つのレール162とセラミックモータ166に装着されている。このセラミックモータはここで説明するタイプの1つであるのが好ましく、レールに沿ってステージを移動させるためにステージ160の一縁部に移動可能に設けられている。

【0132】図23及び24では、ステージ160の一縁部はレールに装着され、他縁部はラック170によってウォーム168に噛合されている。セラミックモータ172はここで説明するタイプの1つであるのが好ましく、ウォームの一端に装着されたホイール174を駆動する。図23及び24はモータがホイールを駆動する方法が相違している。

【0133】上述の全ての実施例では、セラミックプレートとマイクロモータが取り付けられる表面との間のスペーサがセラミックプレートの短辺の一方、好ましくは短辺の中心に取り付けられている。プレートの長手方向は取付面に対して直角である。光学駆動動作がセラミックプレートの短辺で得られるので、この配置が好ましい。しかしながら、幾つかの適用例では、例えば、モータがスライドとそのハウジングとの間に配置される際、取付面に直交する、使用可能なスペースには制限があり、セラミックプレートの長手方向よりも短くなる。この問題を解決するため、本発明は他のセラミックマイクロモータを提供する。それはセラミックプレートの長手方向が取付面に対して平行であるが、セラミックプレートの短辺で生み出される振動は利用できるというものである。

【0134】本発明のこのような態様に関して、セラミックスペーサは圧電プレートの長辺の一端に取り付けられ、長辺と平行な面に取り付けられている。そのように取り付けられたスペーサはセラミックプレートの短辺の近傍に配設されるため、スペーサは、短辺に現れる共鳴動作に応じて振動する。このようにスペーサが振動する結果、スペーサに係合する表面あるいはマイクロモータの動きが得られる。その動きはセラミックプレートの長軸方向と平行に両者が制約されることに依存する。しかしながら、プレートの長辺の中央部というよりむしろ端部あるいはその近傍にスペーサを配設することは、スペーサの非対称な動きを生み出す。それで、一方向の取付面あるいはマイクロモータの動きは異なり、例えば他の方向での一致した動きよりも力なくあるいはゆっくりとなる。この非対称性をなくすため、圧電セラミックプレ

(14)

28

ートは後述するように一対で使用するのが好ましい。

【0135】表面210に取り付けられている、対をなす圧電マイクロモータ200を図式的に図示する図25をいま参照する。上述された対をなさない実施例においては、表面210又はマイクロモータ200のいずれかの動きが拘束され、印加される力に依存して、他の動きを可能にする。マイクロモータ200は、好ましくは、アルミニウムにてなるハウジング220内に装着された2枚の圧電プレート212及び214を備える。ハウジング220は好ましくは、表面210に対して押し付けられる。プレート212及び214の外側の短辺、すなわち、図25に図示されたプレート212の右側辺とプレート214の左側辺とは、好ましくは、例えばセラミック材料などの比較的堅い材料で形成された水平方向の支持部材222によって支持される。プレート212及び214の内側の短辺、すなわち、プレート212の左側辺とプレート214の右側辺は、好ましくは、堅いゴム又はプラスチック材料で好ましくは形成された、好ましくは弾力性のある連結部材226によって支持される。プレート212及び214は、部材226と同一の材料又は、好ましくはより堅い材料で形成されることが可能な底部支持部材224によってその底部から支持される。

【0136】図25に示す本発明に係る好ましい実施例によれば、好ましくはセラミックにてなるスペーサ216がプレート212の上長辺にその左端部（図25の配置に準ずる。以下同じ。）において取り付けられ、同様のスペーサ218がプレート214の上長辺にその右端部に取り付けられる。スペーサ216及び218は、マイクロモータ200が表面210に対して押し付けられるときに、機能的に表面210と係合される。本発明に係る好ましい実施例においては、ハウジング220は、好ましくは、例えばテフロンなどの低摩擦材料にて形成され又は被覆された保護のためのフレーム215を備え、当該フレーム215は、スペーサ216及び218によって嵌合されて取り付けられた表面210の領域と少なくとも部分的に分離し、ゴミなどの所望されないものが表面210上に蓄積されることを防止する。

【0137】4個の電極は、複数の長方形を有するチェッカー盤状のパターン電極を形成するようにメッキされて、もしくは、そうでなければ、圧電プレート212及び214の各々の前面に取り付けられ、ここで、パターン電極の複数の長方形のそれぞれは、図1における電極14、16、18及び20を参照して上述したように、前面の1/4を実質的にカバーする。各圧電プレートの裏面は、図1を参照して上述したように、1つの電極（図示せず。）を用いて実質的にその全体がカバーされる。図1の実施例におけるように、対角方向に位置する2つの電極は、好ましくは4つの電極の接合部の近傍に置かれた複数のワイヤ230によって電氣的に接続さ



29

れる。各セラミックプレートの裏面上の複数の電極は、好ましくは接地される。とって代わって、複数の電極は、上記複数の電極を形成するために用いられたプリント印刷配線技術と同様の技術によって接続することができる。

【0138】プレート212及び214上の複数の電極は、好ましくは、図25においてブロック図の形式で図示された励起回路によって駆動される。当該励起回路は、例えば、電圧調整されたレギュレータ電源242へのエネルギーの印加と、スイッチ/変調器回路240とを制御するマイクロコントローラ244であるコントローラを備える。スイッチ/変調器回路240における複数のスイッチは、ワイヤ234及び236又はその印刷配線の電極パターンなどの等価物を介して、プレート212及び214の前面上の、予め選択された各グループの電極に接続される。セラミックプレート212及び214の裏面上の複数の電極は、好ましくは、増幅器246及びコイル248を備える同調回路を介して接地される。

【0139】後述される特別な励起モードとは別に、各セラミックプレート212及び214上の複数の電極は、与えられたアプリケーションに従って所望された特徴を有するマイクロモータ200を提供するように、本発明の対をなさない実施例を参照して上述した任意のモードに従って相互に接続されかつ励起されてもよい。同様に、セラミックスペーサ216及び218は、上述の実施例のように、比較的柔い又は比較的堅いセラミックスによって形成してもよい。しかしながら、プレート212上の複数の電極の励起は、後述するように、表面210に対して同一の水平方向でスペーサ216及び218の動きを得るために、プレート214上の複数の電極の励起と比較して反転する必要がある。

【0140】圧電プレート212及び214における好ましい複数のx-y共振モードを図示し、マイクロモータ200の一部分の簡単にかつ概略を図示する図26をいままた参照する。図26において図示されるように、プレート212及び214上の複数の電極は、好ましくは、2つのグループの電極である電極254と電極256とに分割される。電極254に印加される励起電圧は、一般に、電極256に印加される極性と反対の極性を有し、すなわち、電極256に負の電圧が印加されているとき電極254に正の電圧が印加され、並びに、それらと反対に電圧が印加される。

【0141】スペーサ216はプレート212の左側端部に取り付けられる一方、スペーサ218はプレート214の右側端部に取り付けられ、図26における励起方法は、上記2つのスペーサがY軸に沿った同一の方向、すなわち上下方向で移動するとき、X軸に沿った同一の方向、すなわち左右方向でのスペーサ216及び218の動きをもたらすことを認識すべきである。従って、ス

(15)

30

ペーサ216及び218は常に、所望されるように表面210に対して同一の方向で移動する。この励起方法によれば、圧電プレート212及び214のX及びYの共振モードの図式的なグラフは、プレート212及び214の下側に図式的に図示されている。図26においてさらに図示されるように、底部支持部材224は、好ましくは、プレート212及び214上の複数のポイントの下側に設けられ、ここで、Y軸の沿った動き、すなわち $\Delta y$ が実質的にゼロになる。このことは、マイクロモータ200の安定性を改善し、y軸に沿ってマイクロモータ200によって得られた振幅を最大化する。

【0142】本発明の好ましい一実施例に係る電極254及び256に提供される、マイクロコントローラ244（図25）によって制御されるパルス形状の励起信号を図式的に図示する図27をいま参照する。図27の励起信号は、表面210と接触しないで複数のスペーサを移動するように動作させる、予め決められた直流電圧の間隔によって分離された、駆動励起電圧の複数のパルスからなる。図27においては、励起電圧の上側ピークと、励起電圧の下側ピークとの間の電圧の差が“A”によって示され、パルスとパルスとの間の直流電圧が“B”によって示されている。上述された対をなさないマイクロモータに対して適当な本発明のこの実施例によれば、励起信号のパルスレートは、実質的に、マイクロモータによって取り付けられた物体の自己共振周波数に従って設定される。

【0143】マイクロモータによって駆動される複数の物体の典型的な複数の共振周波数、すなわち300Hzのオーダーでの複数の周波数は、一般的に、用いられる駆動交流周波数よりもきわめて低く、各パルスは駆動する交流の周期における実際の数を含む。パルスとパルスの間の電極254及び256（図25参照。）に印加される直流電圧Bは、一般的に、スペーサ216及び218がパルスとパルスの間で表面210から離れるように、電極254又は256のどちらが駆動されるかに依存して、駆動周波数の低い側のピークよりも低いか、もしくは、駆動周波数の高い側のピークよりも高い。従って、駆動される物体は自律的にパルスとパルスの間で移動する。上記励起信号のパルスレートと、上記嵌合するように取り付けられた物体の自己共振との間のこの相互関係は、駆動パルスと、それに応答して駆動された物体の応答との間の破壊的な干渉を防止する。

【0144】セラミックプレート212及び214上における変形例の電極形状を図式的に図示する図28をいま参照する。本発明に係るこの実施例によれば、付加的な複数の電極260がプレート212及び214の上側辺と下側辺上に設けられる。複数の電極260は、好ましくは、複数の電極256（図26）を駆動するために用いられる同一の複数の励起電圧によって励起される。この形状においては、Y軸に沿ったスペーサ216及び

(16)

31

218の動きの振幅は、スペーサ216及び218の上側に図式的に図示されるように、X軸に沿った複数のスペーサの動きの振幅よりも大きいということを認識すべきである。複数のスペーサの上に図式的に図示された図26における複数のスペーサの実質的に円形の動きと対照的に、若干傾斜された、スペーサ216及び218の楕円形状のこの動きは、そのような動きがスペーサ216及び218と表面210との間の接触の時間を増大させるので、複数のスペーサと表面210との間でより大きな駆動力とより良い牽引力(牽引摩擦力)を有するマイクロモータ200を提供する。

【0145】圧電プレート212及び214の変形例の装着構造を図示する図29をいま参照する。水平方向の支持部材222及び連結部材226に加えて、プレート212及び214がプレート212とプレート214の下側であってそれらの間に、ハウジング220(図25)において装着されたベース266によって支持される。複数のプレート212及び214はまた、好ましくは弾性力のある、複数のホルダー262によって支持される。各ホルダー262の一端は、好ましくは、ハウジング220に固定的に取り付けられた各取付台(マウント)265上に回転可能に装着される一方、各ホルダー262の他端は、プレート212又は214における各孔を介して延在する各ピン264上に回転可能に装着される。4本のピン264は、好ましくはプレート212及び214上に装着され、各プレート上に2本のピンが、図29に示すP方向に沿った振幅が上述のように実質的にゼロとなる複数のポイントにおいて装着される。好ましい実施例においては、2つのホルダー262は各ピン264上に装着され、1つのホルダーがプレート212又は214の各側面に装着される。弾性のある底部支持部材263は、好ましくは、各ホルダー262の下側端部と、プレート212又はプレート214の下側の長辺との間に装着される。上述のように最適な複数の位置でプレート212及び214を支持する複数のホルダー262の提供は、マイクロモータ200の安定性を改善する。複数のスペーサ262は好ましくは、図29に図示されるように傾斜され、これによって、圧電プレート212及び214の駆動の動きをP方向に沿って可能にする。

【0146】プレート212及び214のためのもう1つの変形例の装着構造を図示する図30をいま参照する。この構造によれば、図29の複数のピン264と同様の複数のピン268が、プレート212及び214上であって、上述のように、動きの振幅が実質的にゼロになる位置に装着される。従って、上述の複数の共振モードに従って、3本のピン268を各プレートに装着してもよい。好ましくは鋼製のスプリングである、少なくとも1つのスプリング270が、図30において図示された方法で複数のピン268上に装着される。スプリング

32

270の端部は好ましくは、スプリング270が好ましくは水平方向の支持部材222上に装着される2つのボビン272の間で伸びるように、ハウジング220において調節ネジに連結される。このストレッチングは、さらに水平サポート222をプレート212と214の外方短辺に対して付勢し、圧電プレートにより良いサポートを提供している。スプリング270のテンションは、スクリュ274を使用して調整することができるが、y軸に沿う運動に対してプレート212と214の弾性を制御する。これにより、マイクロモータ200の収縮、速度、及び力を制御することができる。

【0147】図31を参照すると、マイクロモータ200を比較的薄い物体278に係合するための好ましい配置が図示されている。一般に、マイクロモータが薄い物体に係合すると、モータによって物体に印加された律動力(pulsed force)が係合領域で物体をわずかに損傷したり、屈曲させたりすることがある。このため、本発明者はこの問題を最小にするカウンターベアリング装置280を考案した。これによると、本発明の好ましい実施例であるカウンターベアリング装置280はハウジング282を含み、このハウジングはマイクロモータ200のハウジング220にコネクタ290を介して固定して接続するのが好ましい。ハウジング282の中の少なくとも1つのベアリング284は、スペーサ216と218によって物体278の前面に印加される力に対する、物体278の裏面(すなわち、マイクロモータ200と係合しない面)の剛性サポートを提供する。ベアリング284は、公知の如何なるベアリング、例えば金属円筒であってもよい。

【0148】カウンターベアリング装置280の特に好ましい実施例では、ベアリング284はプレート212と214と類似した圧電セラミックを含む。この実施例では、接地電極(不図示)はベアリング284の一方の平坦な面を実質的に覆うのに対し、ベアリング284の他方の面は2つの分離電極286と288を含み、それらはその面の二分之一を覆う。電極286と288が図31に示すようにすなわち上下に配置され、上述したようにAC電圧が印加されると、ベアリング284がy軸に沿って共振周波数で振動する。ベアリング284がプレート212と214のy軸周波数で適当な方向例えば上方に駆動され、スペーサ216と218が次第に降下し、スペーサが上方すると、マイクロモータ200によって加えられる力に対する極めて効果的なカウンターベアリングを提供する。本発明のこの実施例は、適当な構造的調整をすると、上述の組でないマイクロモータにも同様に適用することができるという利点がある。

【0149】マイクロモータ200は1つのプレート212と1つのプレート214のみを含むように記載したが、圧電プレート212と214の複数の組を使用する図25-31の実施例の変形も本発明の範囲に含まれる

(17)

33

ということを理解しなければならない。このような場合、プレート10の組はお互いに平行に装着されるのが好ましい。

【0150】本発明のいくつかの好ましい実施例では、圧電プレート10が、読み/書きヘッドを移動し位置決めするディスクドライブに利用されている。このような形態は図38-41に示されている。図38は読み/書きヘッドを移動させる圧電マイクロモータを含むディスクドライブのブロック図である。ディスクドライブ350は、軸354の回りに回転可能なディスク352と読み/書きアセンブリ360を収容する。読み/書きアセンブリ360は軸372の回りに旋回可能なアーム370と、軸372の回りにアーム370を旋回させるのに利用される圧電プレート10を含む。ディスク352のスキミングは、アーム370を軸372の回りに回転させる間に、ディスク352を軸354の回りに回転させることによって達成される。ディスク352の読み取り及び書き込みは、読み/書きヘッド374を介して達成されるが、そのヘッドはアーム370端部に取り付けられる如何なる公知のヘッドであってもよい。

【0151】図39は、読み/書きアセンブリ360の詳細図である。図39に示すように、圧電プレート10は、上述の形式の如何なるものも採用することができるが、固定ベース（不図示）にスルーマウント（through mounts）385と386を介してスライド可能に装着された要素に固定して装着するのが好ましい。圧電プレート10は弾性要素44によってアーム370の剛性要素380に対して弾性的に付勢されている。弾性要素44は固定ベース（不図示）の中の固定要素に対して押圧されているのが好ましい。上述の励起形状の1つに従って励起されると、圧電プレート10により、剛性要素380に対して付勢されているスペーサ26が電圧印加状態に依存して $x$ 又は $-x$ 方向のいずれの方向にも移動する。剛性要素380を介したスペーサ26とアーム370の間の相対運動により、アーム370が軸372の回りに旋回する。この結果、読み/書きヘッド374はディスク352の半径にほぼ接する $\theta$ 又は $-\theta$ のいずれかの方向に移動する。

【0152】マウント385と386は圧電プレート10の穴を貫通して広がっている。この穴は電極間にセラミック10の長手軸に沿ってセラミック10の長さの約 $1/6$ と $5/6$ の地点に配置されるのが好ましい。これらの地点では、 $x$ 軸に沿うセラミック10の変位及び寸法変化は実質的にゼロである。

【0153】図40及び図41は、圧電プレート10が固定ベースに装着される点で図39とは異なっている。図40に示すように、圧電プレート10は一对の固着要素390と391によって固定ベースに装着することができる。固着要素390と391はセラミックの長さの約 $1/6$ と $5/6$ の地点で圧電プレート10と係合する

34

のが好ましい。圧電プレート10は、当該セラミック10をその長手軸に垂直な運動を拘束している間にセラミック10の長手軸に沿う運動が可能ないように、要素390と391に形成されたガイド穴に位置していてもよい。

【0154】代案としては、図41に示すように、圧電プレート10は弾性支持要素392によって固定ベースに装着することができる。支持弾性は支持要素392を構成する材料の剛性によって決定される。支持要素392は固定ベース（不図示）に取り付けられて、セラミック10の長手軸に沿ってセラミックの長さの約 $1/6$ と $5/6$ の地点でセラミック10と係合するのが好ましい。

【0155】支持要素392の端部395と396は、要素380の上に積もったほこりを除去するために、アーム370の要素380に係合するのが好ましい。スペーサ26と両端395及び396の間の要素380のスペーサ対向側に好ましく配置されている突起397と398は、それぞれアーム370の角度変位の範囲を限定し、スペーサ26の近傍にほこりが蓄積するのを抑制している。

【0156】実際の例では、軸372に関する要素380上の点の回転半径 $R_1$ と、軸372に関する読み/書きヘッド374上の点の回転半径 $R_2$ との間の比は、1から3、又は1から5のオーダである。したがって、ディスク352上の読み/書きヘッド374の所定の角度変位 $D\theta$ に対する直線変位は、スペーサ26の所定の角度変位 $D\theta$ に対する直線変位よりも約3から5倍大きい。

【0157】本発明の好適な実施例では、ディスクドライブの読みだしや書き込みの容量を増加させるために、多数の圧電セラミックが使用されている。2つの平行な圧電プレート10、10'を表した図42に示す配置の例は、シャフト400に装着されている。この配置は、1つのディスクにおける以上の読みだしや書き込みを同時に行うために、単一のディスクの反対側面に読みだしや書き込みを同時または択一的に行うために利用可能である。しかしながら、単一の側面のディスクへの読みだしや書き込みには、1つの圧電プレート10又は10'のいずれか一方のみが使用される。

【0158】図42に示す配置では両方のアーム370、370'が、圧電プレート10、10'の穴を貫通して伸びたシャフト400に関して旋回可能になっている。

【0159】各圧電プレートのために、上記穴は、それぞれの短い端部28に沿って隣接する電極の間に位置させるのが好ましく、セラミックの長さのおよそ $1/6$ だけ上記それぞれの短い端部28から離れている。圧電プレート10、10'は、回転可能なシャフト400に固定され、回転するシャフト400にしたがって動くこと

(18)

35

ができる。一方、圧電プレート10、10'は、それぞれを独立して動かせるように、保持要素404と405との間に固定的に保持されたシャフト400に回転可能に取り付けられることもできる。上記保持要素404、405は固定された基部（図示せず。）に取り付けられるのが好ましい。

【0160】圧電プレート10、10'は、連結要素408、408'によって読みだし／書き込みのヘッド374、374'にそれぞれ取り付けられている。要素408は、長い端部40、42に沿った状態で、圧電プレート10に取り付けられるか、または、圧電プレート10を把持するのが好ましい。要素408は、セラミックの長さの約1/2、および約5/6だけ短い端部28から離れた点で圧電プレートに係合するのが好ましい。対応する要素408'は、長い端部40'、42'に沿って上記1/2および5/6の点で圧電プレート10'に係合されるのが好ましい。上記1/2および5/6の点に、x方向におけるセラミック10、10'の動きがない点、または、寸法の変化がおおよそ存在する。硬質要素410は、好ましくは弾性要素411を用いて、セラミック10、10'のスペーサ26、26'にそれぞれ付勢されるのが好ましい。

【0161】図42に示すような実際の配置において、シャフト400に関する要素410上の点の回転半径とシャフト400に関する読みだし／書き込みのヘッド374上の点の回転半径との比率は、1対5から1対10の間の範囲とすることができる。その結果、与えられた角度の移動 $D\theta$ によって、ディスク352上の読みだし／書き込みのヘッド374の直線上の移動は、スペーサ26の直線上の移動よりも5倍から10倍それぞれ大きくすることができる。

【0162】圧電プレート10、10'を含んでいるこのシステムは閉ループモードで作動され、書き込みヘッドの位置を決定するためにディスクドライブレックコントローラ（図示せず。）を含んでいる。

【0163】本発明の好適な実施例において、回転性能を高めるとともに読みだし／書き込みのヘッドの移動角度を増加させるために、多数の圧電セラミックが使用されている。図43はそのような配置の一例を示しており、この配置では3つの圧電セラミックが用いられている。一对の圧電プレート10'、10''は、固定された基部（図示せず。）に好適に取り付けられたシャフト420に関して圧電プレート10を回転させるように利用されている。圧電プレート10に取り付けられたスペーサ26は、アーム370の端部440に付勢されている。スペーサ26がアーム370の端部440に及ぼす力は、スペーサ26の動きにしたがって、アーム370とこれに取り付けられた読みだし／書き込みのヘッド374のシャフト372に関する回転を起こさせる。

【0164】本発明の好適な実施例では、図39を参照

36

して上記で説明したように、圧電プレート10'、10''は、シャフト420に関して固定されるとともに、固定された基部（図示せず。）にスライド可能に装着された要素に取り付けられたシャフトによって上記固定された基部に取り付けられることができる。一方、圧電プレート10'、10''は、図40に示すように固定要素によって、あるいは、この中で説明した他の方法によって、固定された基部に取り付けられることもできる。シャフト420は、圧電プレート10の中心であって、好ましくはセラミックの4つの電極の交差領域に位置させた穴を貫通して伸びている。圧電プレート10'に取り付けられたスペーサ26'は、硬い円弧状要素426の凹面側に付勢されている。上記要素426の凸面は、圧電プレート10の長い端部40のほぼ中央に取り付けられるのが好ましい。圧電プレート10'の励振は、印加される電圧に応じて、スペーサ26'をy方向または-y方向に移動させる。スペーサ26'が要素426に及ぼす力は、スペーサ26'の動きにしたがって要素426の移動を起こさせる。

【0165】要素426が圧電プレート10に及ぼす力は、 $\theta$ 方向または $-\theta$ 方向への圧電プレート10の回転を起こさせる。要素426と同様の円弧状要素427は、要素426について上記で説明したように、圧電プレート10'のスペーサ26''の動きと圧電プレート10の回転とを結びつけるために、圧電プレート10の長い端部42に付勢されるのが好ましい。y方向または-y方向へのスペーサ26''の動きは、圧電プレート10を $-\theta$ 方向または $\theta$ 方向にそれぞれ回転させ、その回転方向はスペーサ26'とおおよそ同じ移動 $Dy$ をもった圧電プレート10'によって誘導される方向とは反対方向である。そのうえ、x方向または-x方向への物体の直線移動を誘導するスペーサ26の動きは、圧電プレート10の直接的な励振によって達成されることができる。

【0166】圧電プレート10、10'および10''は、各圧電プレート10、10'および10''にそれぞれ取り付けられたスペーサ26、26'および26''の動きを相互に関係させるために、電氣的に接続されているのが好ましい。スペーサ26の全体の動きと、その結果として生ずる読みだし／書き込みのヘッド374の動きは、圧電プレート10、10'および10''のそれぞれによって個々に生み出される動きの重ね合わせからなるものである。なお、本発明がここで特に示し、かつ説明したものに限られないことは当業者であれば理解されるところであろう。むしろ、本発明の範囲は上記特許請求の範囲によってのみ決定されるものである。

【0167】図43に示され、かつ先に説明した帯電（electrification）のモードとの関連において上記で説明した装置を利用すれば、そのような配置を用いていないディスクドライブに比べて、読みだし／書き込みの

(19)

37

ヘッド374に拡大された範囲の角度および直線の移動を与えることができるとともに、読みだし/書き込みのヘッドの動きをその移動範囲の全体に亘って精巧に調整し得るという性能を向上させることができる。圧電プレート10、10' および10'' の励振は、読みだし/書き込みのヘッド374のための動きの輪郭の幅広い変化を達成することができる。

#### 【0168】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、従来のマイクロモータより高い速度、高い駆動力及びより小さい最小ステップサイズを有するマイクロモータを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の好ましい実施例によるモータに有用な圧電プレートの概略図を示す。

【図2】 は本発明の好ましい実施例による(A)の要素の第1励起形態を示す。

【図3】 図2のモード図を示す。

【図4】 本発明の好ましい実施例による(A)の要素の第1励起形態を示す。

【図5】 図4のモード図を示す。

【図6】 本発明の好ましい実施例による図1の要素の2つの近接して配置された共振モードの共振曲線を示す。

【図7】 本発明の好ましい実施例によるモータに有用な圧電要素のバイモルフ状の移動状態を示す。

【図8】 図3に示す要素の電極に印加されたときに、要素に接触する物体の制御された運動を引き起こす電圧パルスを示す。

【図9】 本発明の好ましい実施例による制御された運動を達成するマイクロモータのブロック図である。

【図10】 本発明の好ましい実施例によるモータに有用なタンデム形圧電プレートの斜視図である。

【図11】 本発明の好ましい実施例によるモータに有用なタンデム/パラレル形圧電プレートの斜視図である。

【図12】 は本発明の好ましい実施例によるx-y運動に適合した圧電プレートの斜視図を示す。

【図13】 本発明の好ましい実施例によるx-y運動に適合した2つの圧電プレートの斜視図を示す。

【図14】 図13の実施例を利用したx-yテーブルの斜視図である。

【図15】 本発明の好ましい実施例による圧電プレートの円筒又は球を回転させるための使用を示す。

【図16】 本発明の好ましい実施例による圧電プレート用のその他の電極形状を示す。

【図17】 本発明の好ましい実施例による被駆動物体に対して圧電プレートのプリローディング力を印加するのに適した電極形状を示す。

【図18】 本発明の好ましい実施例による被駆動物体

38

に対して圧電プレートのプリローディング力を印加するのに適した電極形状を示す。

【図19】 本発明の好ましい実施例による被駆動物体に対して圧電プレートのプリローディング力を印加するのに適した電極形状を示す。

【図20】 本発明の好ましい実施例による圧電プレートを装着する他の方法を示す。

【図21】 本発明の好ましい実施例による2つの圧電プレートを装着するための図20の装着原理の応用を示す。

【図22】 本発明の好ましい実施例によるCDリーダーのステージにセラミックモータを使用する他の形態を示す。

【図23】 本発明の好ましい実施例によるCDリーダーのステージにセラミックモータを使用する他の形態を示す。

【図24】 本発明の好ましい実施例によるCDリーダーのステージにセラミックモータを使用する他の形態を示す。

【図25】 本発明のさらに好ましい実施例により製造され動作される圧電マイクロモータのブロック図である。

【図26】 マイクロモータの圧電プレートの好ましいx-y共振モードを示す、図25のマイクロモータの概略図である。

【図27】 本発明の1の好ましい実施例による図25のマイクロモータの圧電プレートを駆動するパルス励起信号の概略図である。

【図28】 異なったx及びy励起振幅で駆動される圧電マイクロモータの概略図である。

【図29】 図25の圧電マイクロモータのセラミックプレートの他の装着状態の概略図である。

【図30】 図25の圧電マイクロモータのセラミックプレートのさらに他の装着状態の概略図である。

【図31】 図25、26、28-30のマイクロモータを物体に動作的に連結する好ましい状態を示す概略図である。

【図32】 本発明の好ましい実施例による望まれない共振モードを抑制するための抑制部材を利用する圧電マイクロモータの概略図を示す。

【図33】 図32のマイクロモータの誇張された振動運動を示す。

【図34】 は本発明の好ましい実施例による増加された出力及びより円滑な運動を与えるために剛性アームを利用した圧電マイクロモータの概略図を示す。

【図35】 選択された励起状態に対して図34のマイクロモータによって好ましく利用される2つのスパーサの相対運動を量的に示す。

【図36】 本発明の好ましい実施例による圧電プレートの短辺に平行な対称運動を与えるのに適合された他の

(20)

39

マイクロモータの概略図である。

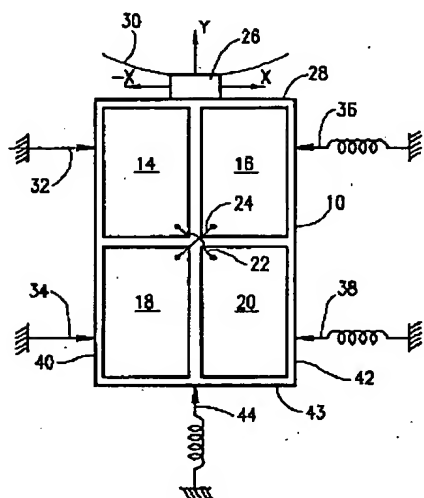
【図37】 本発明の好ましい実施例による圧電プレートの短辺に平行な対称運動を与えるのに適合されたさらに他のマイクロモータの概略図である。

【図38】 読み／書きヘッドを移動するために圧電マイクロモータを使用する本発明の好ましい実施例によるディスクドライブの概略ブロック図を示す。

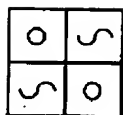
【図39】 本発明の好ましい実施例による図38のディスクドライブの読み／書きアームの他の形態を示す概略図である。

【図40】 本発明の好ましい実施例による図38のディスクドライブの読み／書きアームの他の形態を示す概略図である。

【図1】



【図3】



40

【図41】 本発明の好ましい実施例による図38のディスクドライブの読み／書きアームの他の形態を示す概略図である。

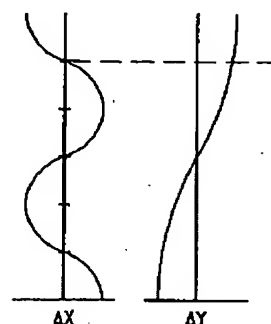
【図42】 本発明の好ましい実施例によるデュアルディスクドライブの概略図である。

【図43】 本発明の好ましい実施例による、増加された回転及び直線変位範囲を与える一方、読み／書きヘッドの運動の良好なチューニングを可能にするように適合された3つの圧電プレート配置の概略図である。

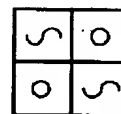
10 【符号の説明】

10…圧電プレート、14、16、18、20…電極、26…スペーサ。

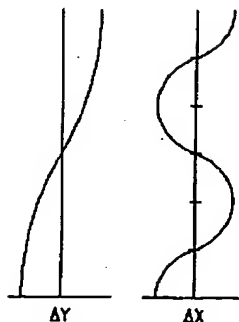
【図2】



【図5】



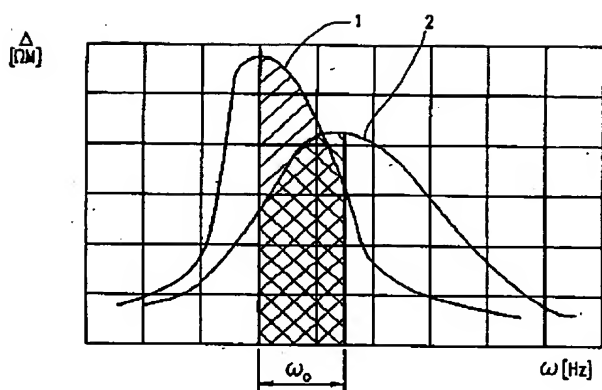
【図4】



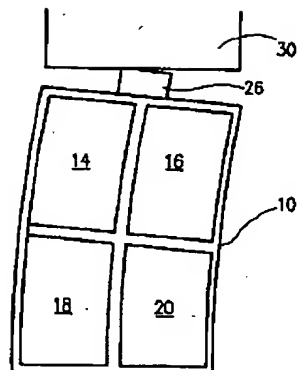


(21)

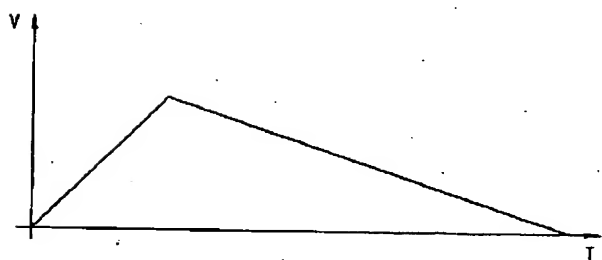
【図6】



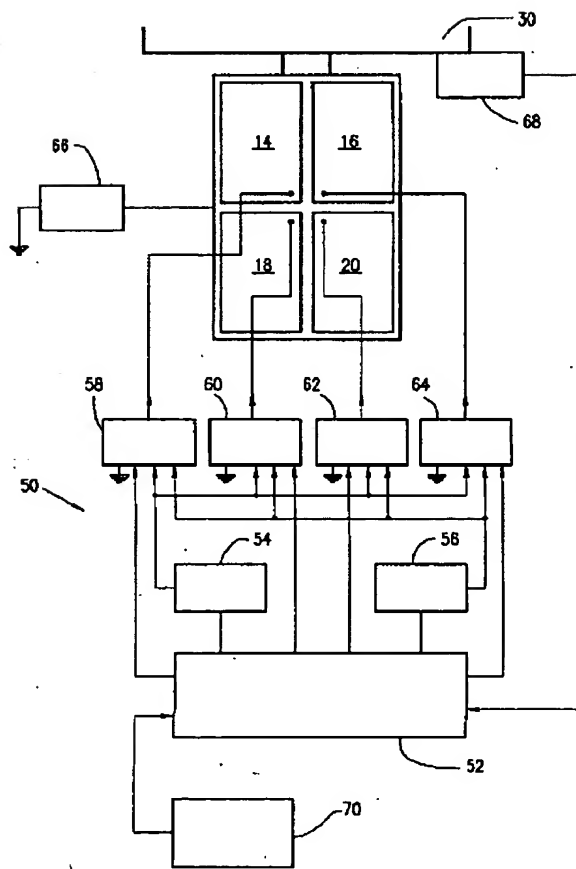
【図7】



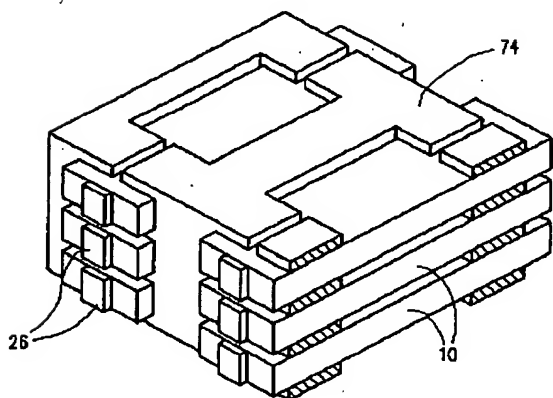
【図8】



【図9】

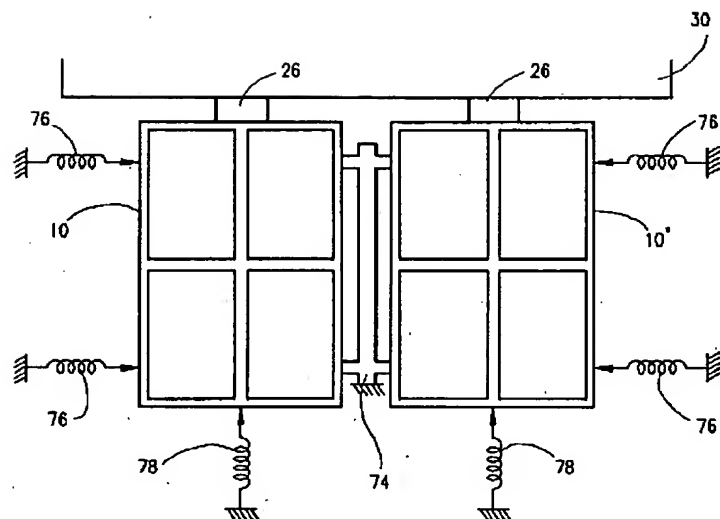


【図11】

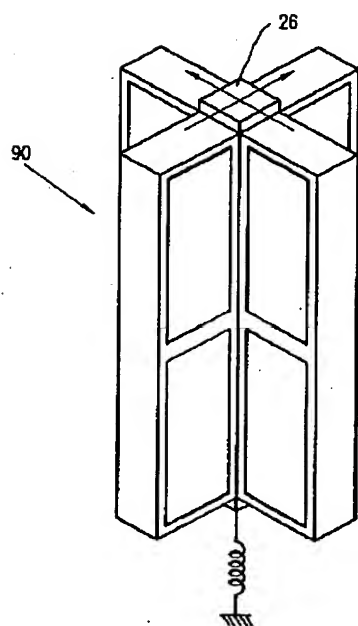


(22)

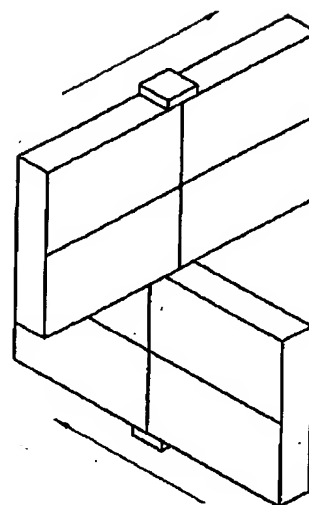
【図 10】



【図 12】

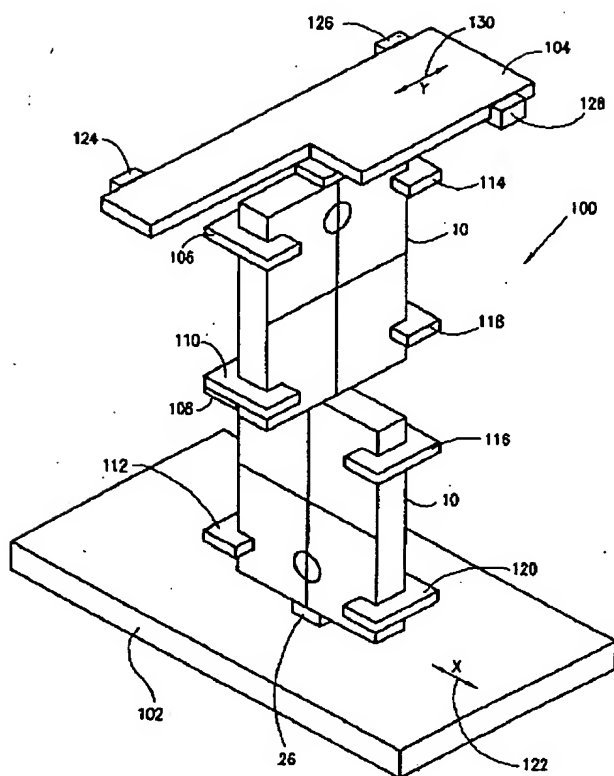


【図 13】

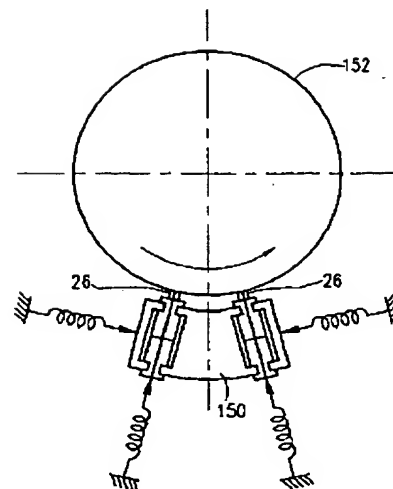


(23)

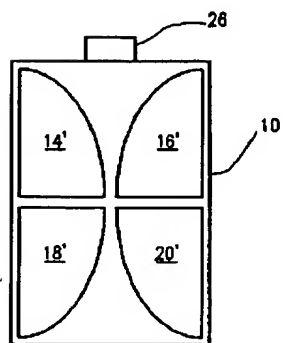
【图 14】



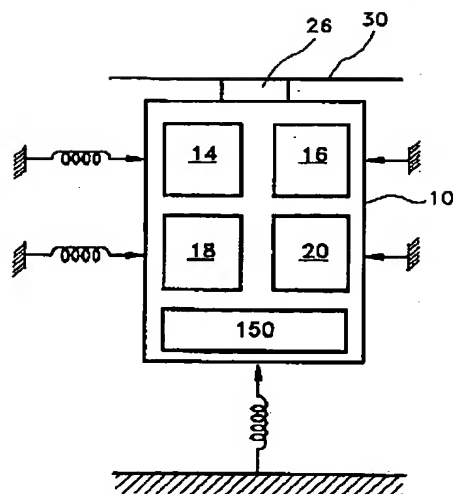
【図 15】



【図 16】

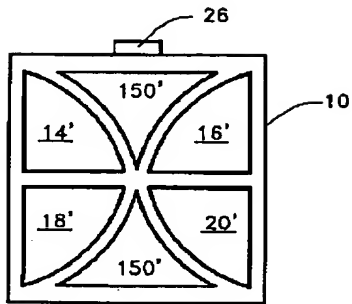


【图 17】

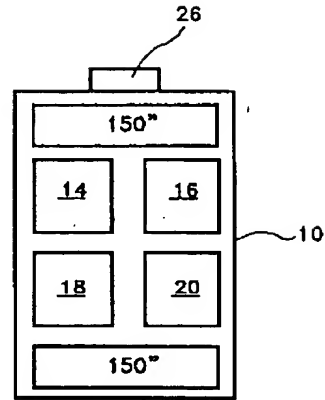


(24)

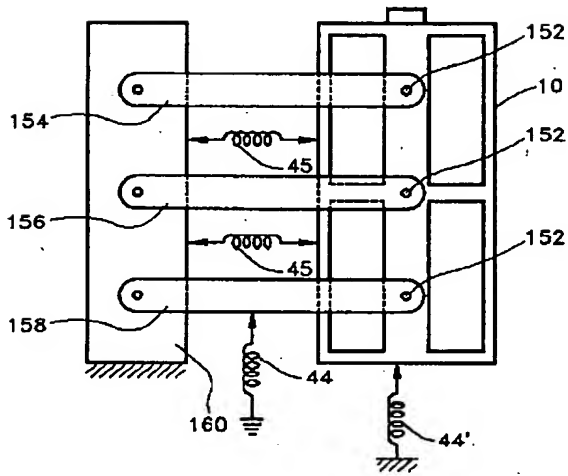
【図18】



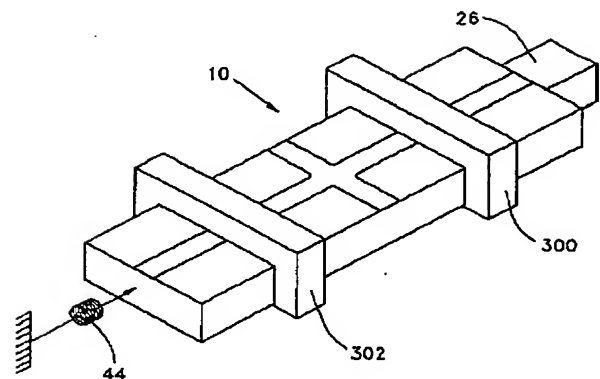
【図19】



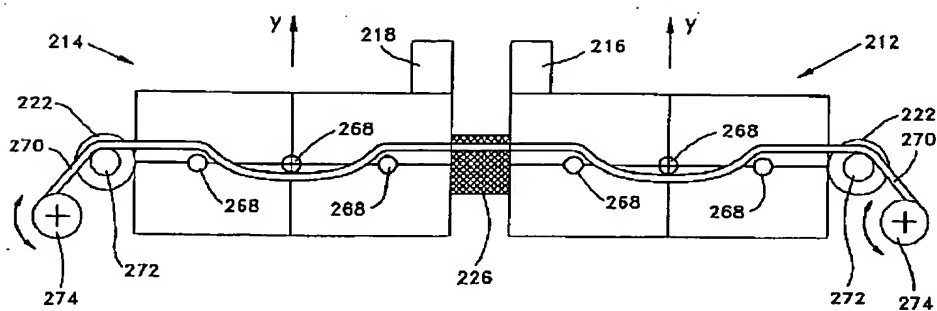
【図20】



【図32】

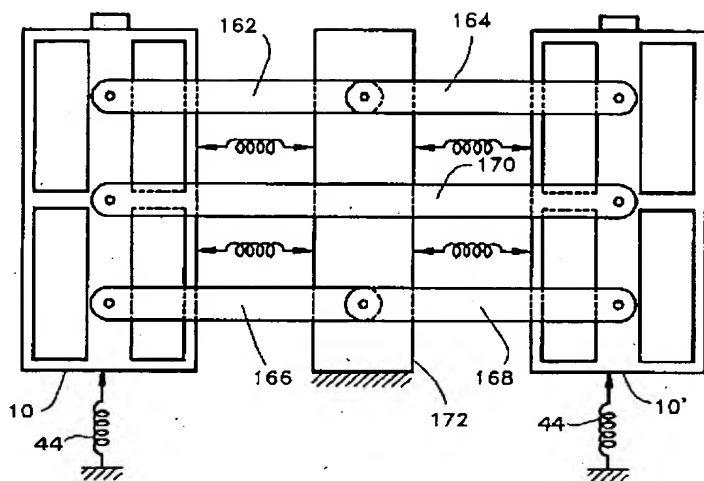


【図30】

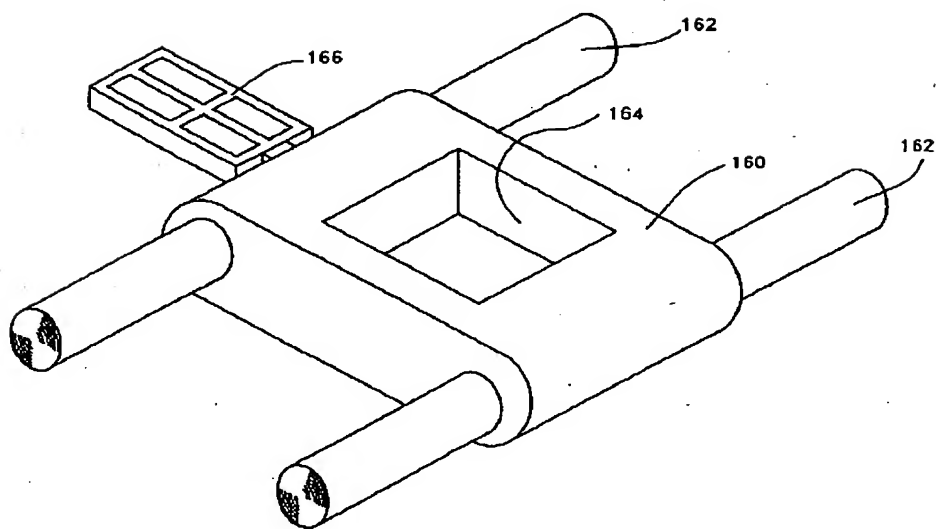


(25)

【图 21】

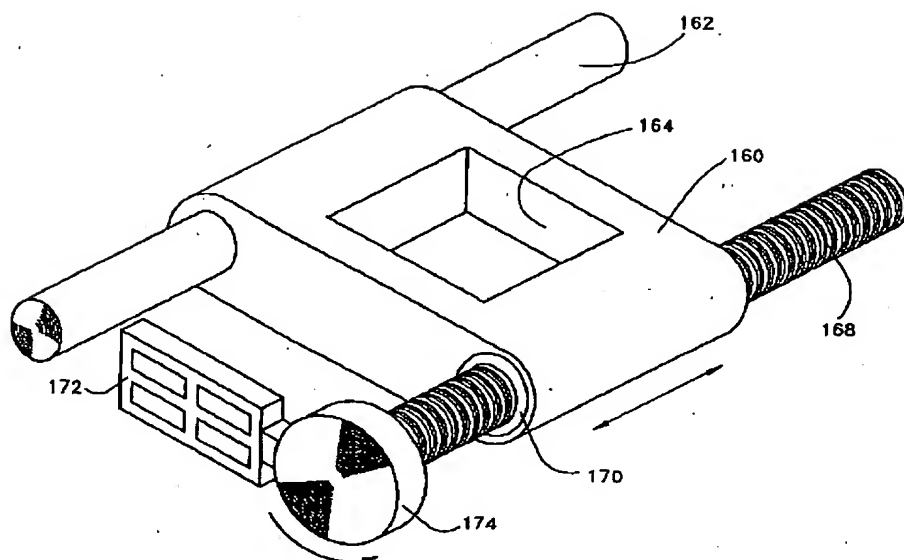


【图 22】

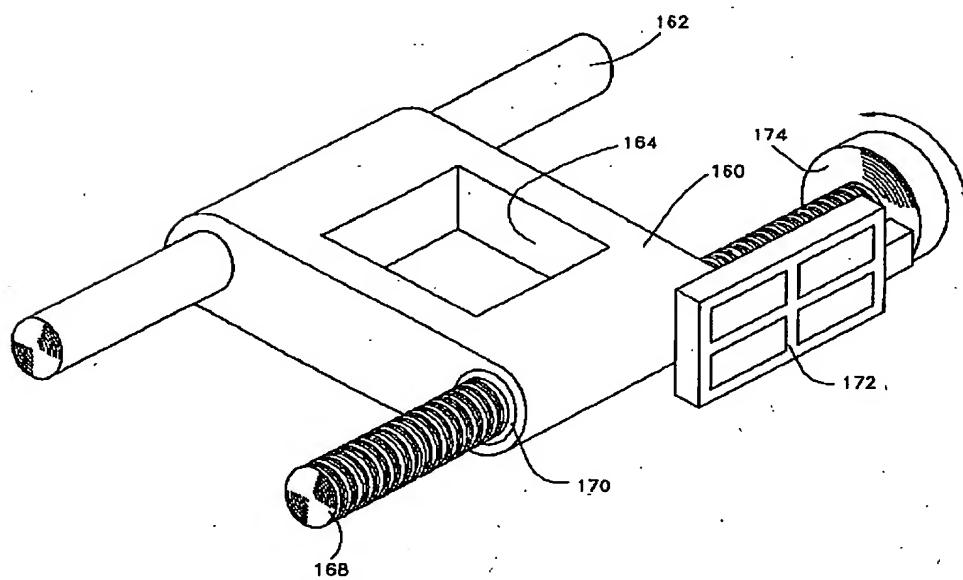


(26)

【図23】



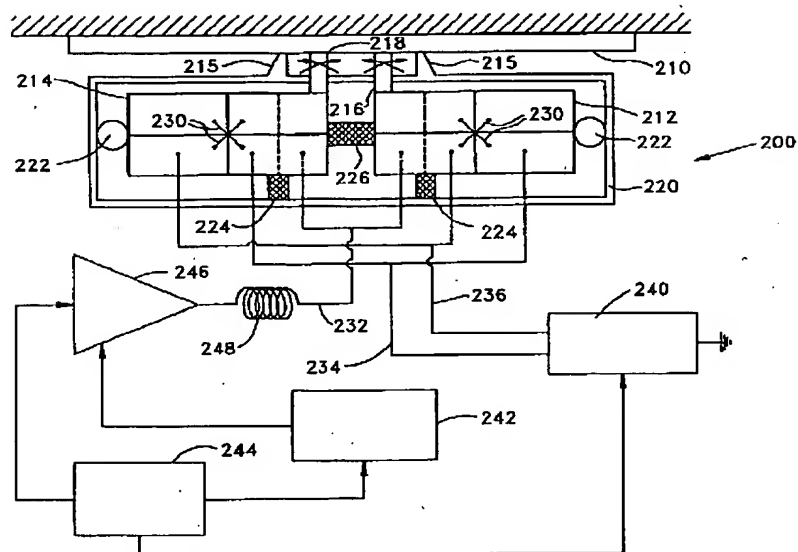
【図24】



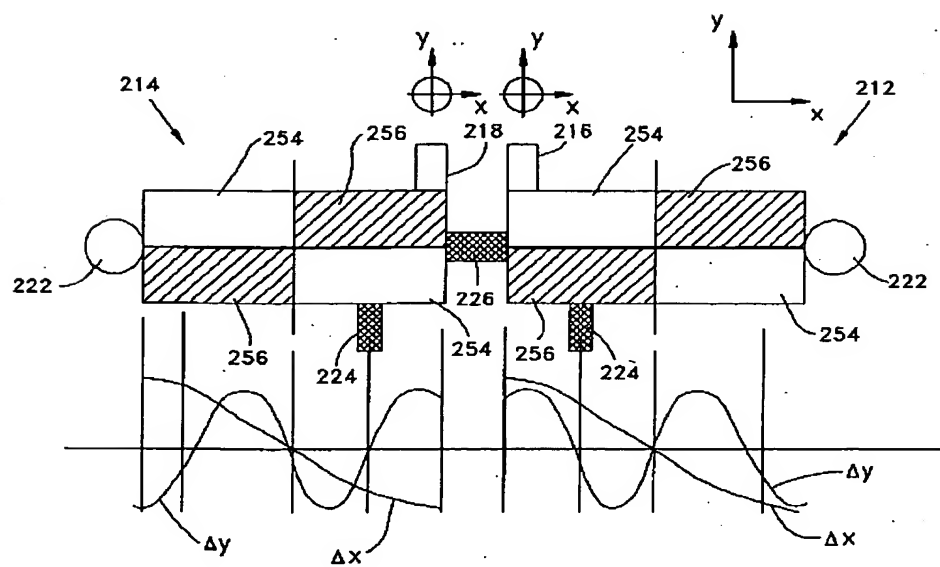


(27)

【图 25】

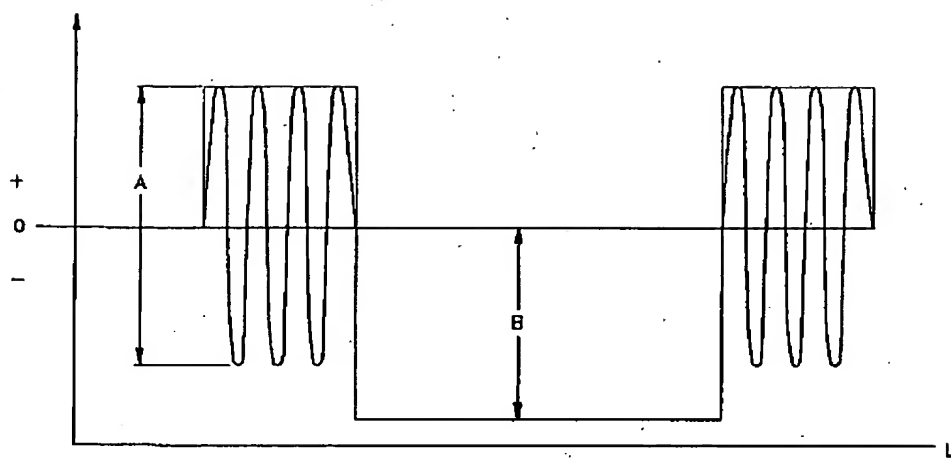


【图 26】

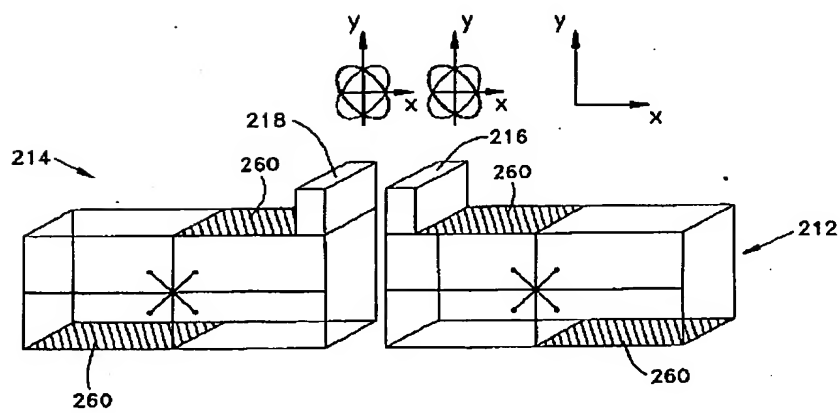


(28)

【図 27】

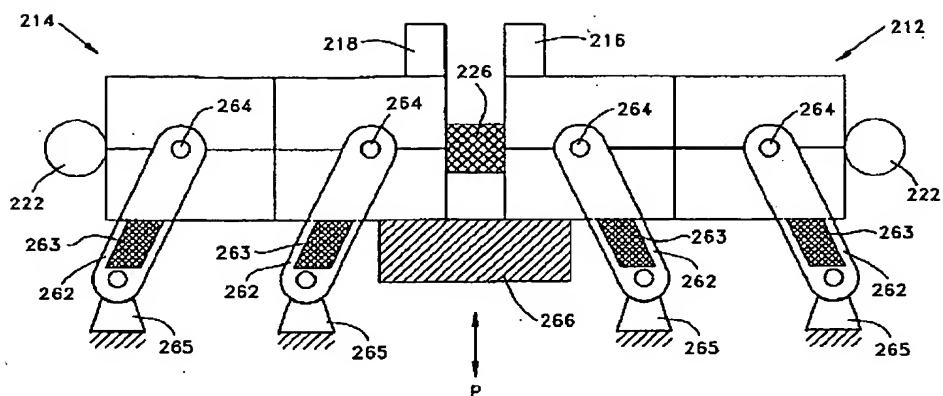


【図 28】

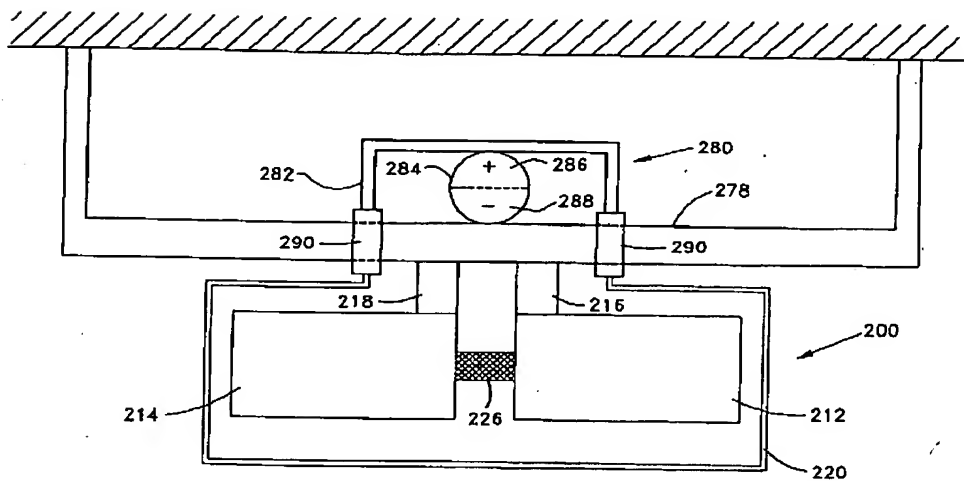


(29)

【図29】

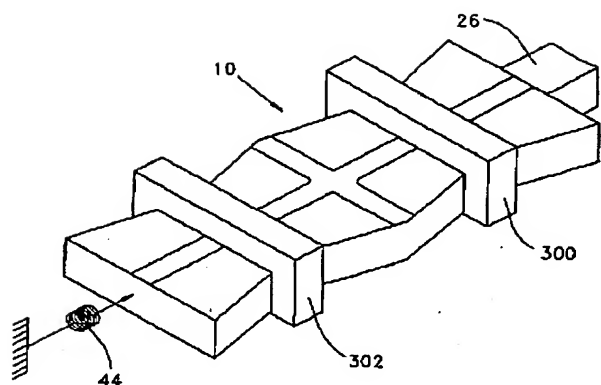


【図31】

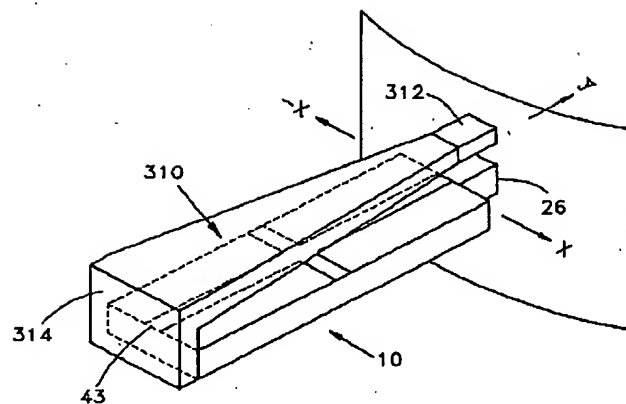


(30)

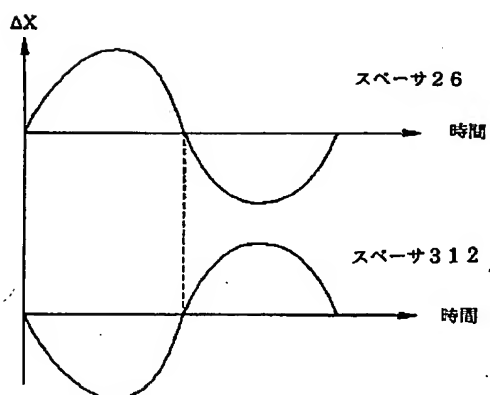
【図33】



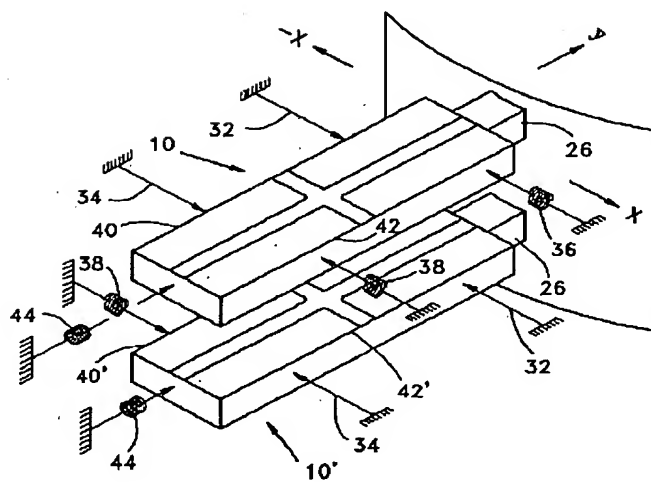
【図34】



【図35】

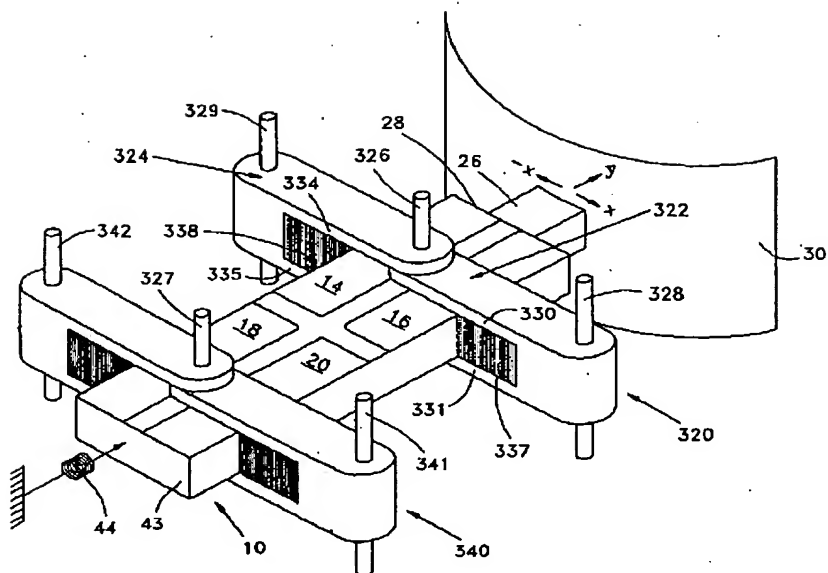


【図36】

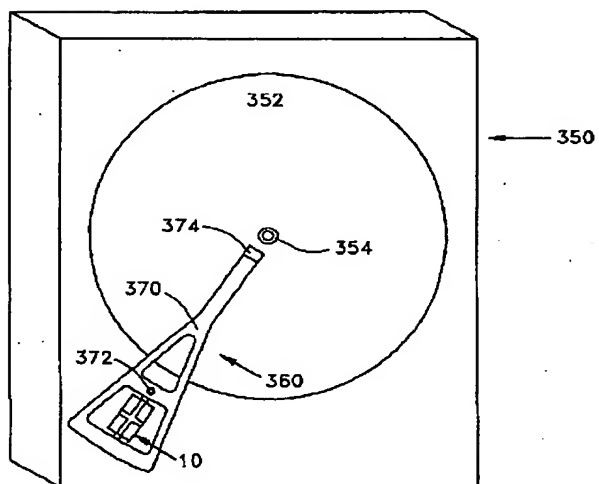


(31)

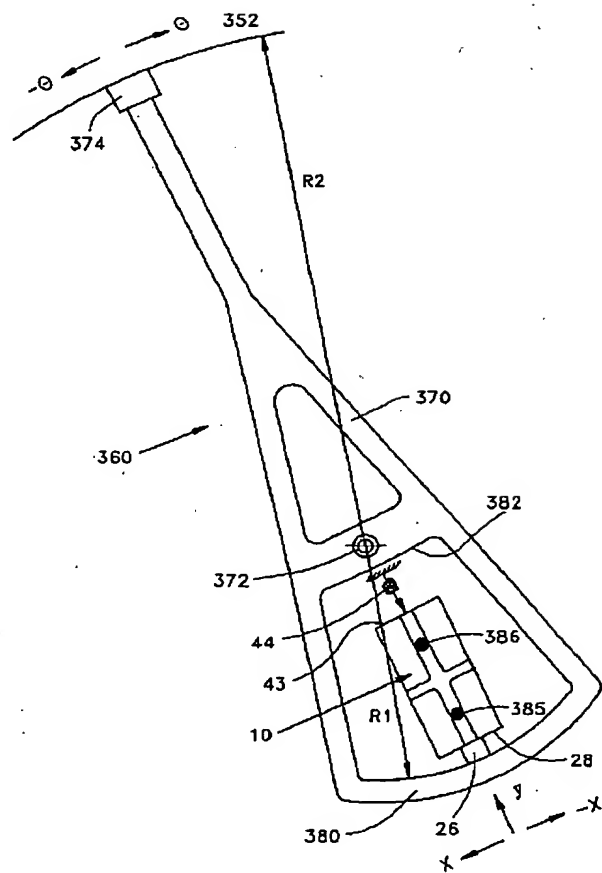
【图 3 7】



【图 3 8】

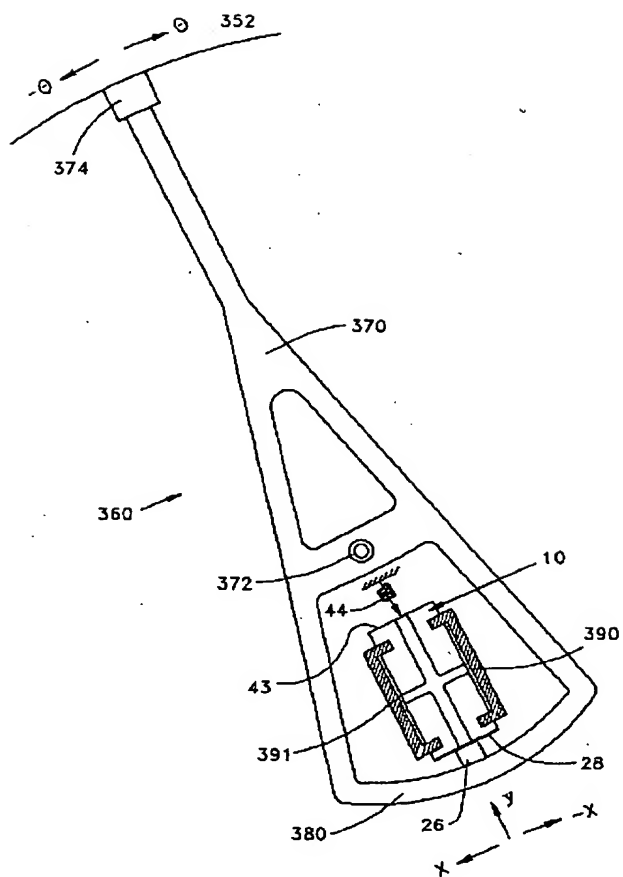


【図 39】

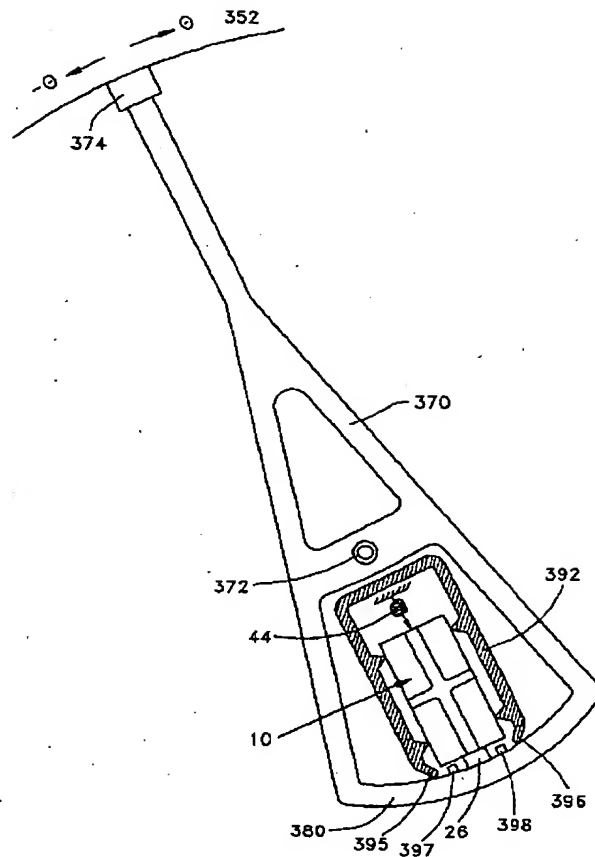


(32)

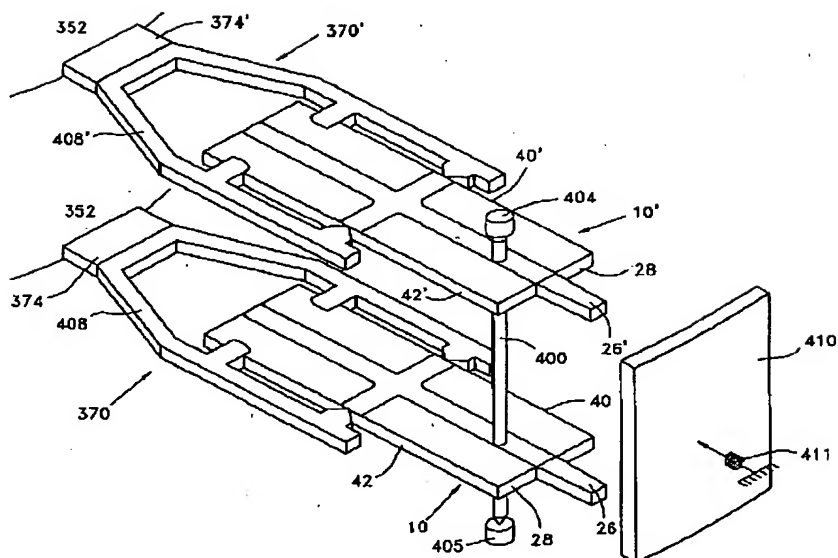
【図40】



【図41】



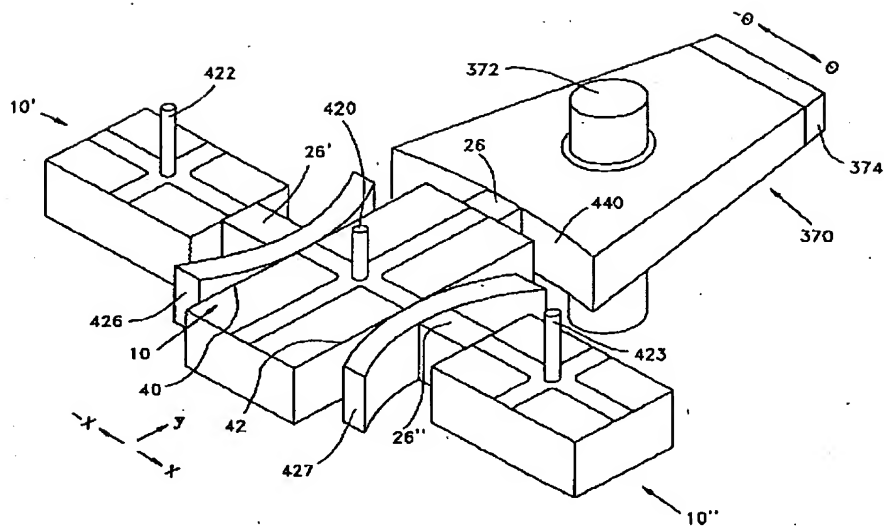
【図42】





(33)

【図43】




---

フロントページの続き

(56) 参考文献    特開 昭52-29192 (J P, A)  
                   特開 昭60-176471 (J P, A)  
                   特開 平5-3688 (J P, A)  
                   特開 平2-142367 (J P, A)  
                   特開 平5-49274 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int. Cl. 6, DB名)  
                   H02N 2/00  
                   H01L 41/09